

ADALBERTO BRITO DE NOVAES

**AVALIAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA DA QUALIDADE DE
MUDAS DE *Pinus taeda* L. PRODUZIDAS EM
RAIZ NUA E EM DIFERENTES TIPOS
DE RECIPIENTES**

Tese apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de Doutor. Curso de Pós-
Graduação em Engenharia Florestal, Setor
de Ciências Agrárias, Universidade Federal
do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Mário Takao Inoue

CURITIBA
1998



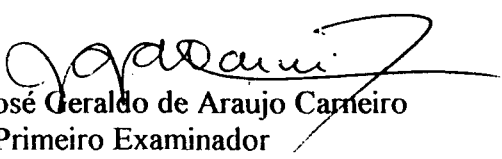
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA FLORESTAL

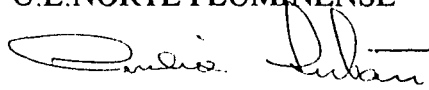
P A R E C E R

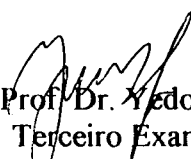
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de **DOUTORADO**, apresentada pelo candidato **ADALBERTO BRITO DE NOVAES**, sob o título "**AVALIAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA DA QUALIDADE DE MUDAS DE *Pinus taeda* L. PRODUZIDAS EM RAIZ NUA E EM DIFERENTES TIPOS DE RECIPIENTES**". para obtenção do grau de **Doutor** em Ciências Florestais, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Área de Concentração **SILVICULTURA**

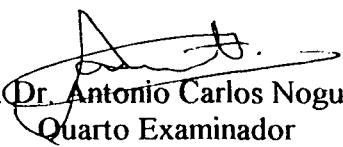
Após haver analisado o referido trabalho e argüido a Candidato são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Tese, com média final: (9,5), correspondente ao conceito (**A**).

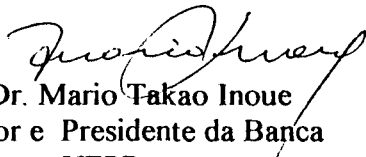
Curitiba, 14 DE AGOSTO DE 1998


Prof. Dr. José Geraldo de Araujo Carneiro
Primeiro Examinador
U.E.NORTE FLUMINENSE


Profa. Dra. Cecilia Iritani
Segunda Examinadora
UFPR - BOTÂNICA


Prof. Dr. Yedo Alquini
Terceiro Examinador
UFPR - BOTÂNICA


Prof. Dr. Antonio Carlos Nogueira
Quarto Examinador
UFPR


Prof. Dr. Mario Takao Inoue
Orientador e Presidente da Banca
UFPR

A Deus, pela vida.

À minha esposa,

Rosely Alves Brito (La Rose) pela compreensão
e colaboração em todos os momentos desse trabalho.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte da vida, extensão do bem, da luz e do amor.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) pela oportunidade oferecida para a realização deste curso.

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade e confiança depositada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por meio do Programa Institucional de Capacitação de Docentes (PICD), pela bolsa concedida.

Aos professores, Dr. Mário Takao Inoue (Orientador) e aos Conselheiros Dr. José Geraldo de Araújo Carneiro e Dr. Ronaldo Viana Soares, pelas orientações, esclarecimentos, sugestões e pela amizade.

Em especial ao Professor Dr. José Geraldo de Araújo Carneiro, pela orientação objetiva e segura quanto à realização desse trabalho, pela confiança e amizade e pelo exemplo de profissionalismo.

Aos demais professores membros da banca examinadora, Dra. Cecília Iritane, Dr. Antônio Carlos Nogueira e Dr. Yedo Alquini, pelas sugestões oportunas.

Aos professores Mauricio Balensiefer, Dr. Afonso Figueiredo Filho e Dr. Eli Nunes Marques pela recepção em Curitiba e pela amizade.

Ao Departamento de Fitotecnia e Zootecnia (DFZ) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), em especial aos professores Dr. Abel Rebouças São José, Aristonildo César da Silva e Paulo A. Ramos Cairo.

Ao professor Dr. Bruno Reissman do Departamento de Solos do Setor de Ciências Agrárias da UFPR, pelo auxílio na composição e preparo da solução nutritiva.

À RIGESA-PAPEL, CELULOSE E EMBALAGENS LTDA, pela área concedida para a instalação dos experimentos de viveiro e campo. Em especial aos Engenheiros Florestais, Etsuro Murakami (Diretor Florestal), Marco Antônio Rigota Brito e Altair Negrello pela valiosa colaboração.

Ao Engenheiro Florestal, Paulo Costa de Oliveira Filho e aos demais colegas de Curso, pelo companheirismo, pela amizade, e enfim, pela agradável convivência.

Às secretárias da FUPEF, Lúcia Schuchardt Burda e Mariza do Carmo Drusina e da Coordenação de Pós Graduação, Eleane Rosendo, pelos atendimentos prestativos.

À minha mãe, Maria Brito de Novaes pelo apoio e incentivo no decorrer de toda a minha formação profissional e pessoal e a minha família, compartilhamos mais uma etapa vencida.

A todos amigos e servidores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFPR, os quais, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Adalberto Brito de Novaes, filho de José Vieira de Novaes e Maria Brito de Novaes é natural de Vitória da Conquista, Bahia.

Em dezembro de 1984, diplomou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal da Bahia.

Em julho de 1986, foi contratado para o cargo de professor auxiliar do Departamento de Fitotecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como responsável pela disciplina Silvicultura, do Curso de Agronomia, onde exerce suas atividades atualmente como professor assistente.

Em agosto de 1988, ingressou na Universidade Federal de Viçosa, para a realização do Curso de Mestrado em Ciência Florestal, na área de Silvicultura, tendo concluído em abril de 1991.

Em março de 1994 iniciou o Doutorado no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná (UFPR) em Curitiba.

Em agosto de 1998, concluiu os requisitos para a obtenção do título de "*Doctor Scientiae*".

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
1. <u>INTRODUÇÃO</u>.....	1
2. <u>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u>.....	4
2.1 IMPORTÂNCIA DA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALTO PADRÃO DE QUALIDADE.....	4
2.2 CRITÉRIOS PARA A CLASSIFICAÇÃO DOS INDICADORES DA QUALIDADE DE MUDAS.....	5
2.2.1 Parâmetros morfológicos.....	6
a) Altura da parte aérea (H).....	8
b) Diâmetro de colo (D).....	9
c) Relação H/D.....	10
d) Peso das mudas.....	11
e) Relações entre as partes aérea e radicial.....	12
2.2.2 Parâmetros fisiológicos.....	13
a) Potencial de regeneração de raízes (P.R.R.).....	14
2.3 DENSIDADE E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DAS MUDAS.....	21
2.4 RECIPIENTES E SUAS INFLUÊNCIAS NA QUALIDADE DAS MUDAS.....	24
2.4.1 Efeitos da restrição radicial	26

2.4.2	Alguns tipos de recipientes.....	28
a)	Tubetes.....	28
b)	Sistema de blocos prensados.....	30
2.5	DEFORMAÇÕES RADICIAIS E DESEMPENHO DAS MUDAS NO CAMPO.....	32
3.	<u>MATERIAL E MÉTODOS</u>	34
3.1	RECIPIENTES UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DAS MUDAS	35
3.1.1	Sistema de blocos prensados.....	35
3.1.2	Tubetes.....	36
3.2	SUBSTRATOS	37
3.2.1	Canteiro em raiz nua.....	37
3.2.2	Composto orgânico.....	37
3.2.3	Solução hidropônica.....	38
3.3	TRATAMENTOS E PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS.....	39
3.4	INSTALAÇÃO DA ETAPA DE VIVEIRO E AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS MORFOLÓGICOS.....	41
3.5	PREPARO DAS MUDAS E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REGENERAÇÃO DE RAÍZES.....	43
3.5.1	Teste em aquário.....	44
3.5.2	Teste em caixas.....	45
3.5.3	Teste em tubos.....	47
3.6	INSTALAÇÃO DA ETAPA DE CAMPO.....	48
3.7	AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DAS MUDAS NO CAMPO E CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA RADICIAL.....	49
4.	<u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	51
4.1	FASE DE VIVEIRO.....	51

4.1.1	Altura da parte aérea, diâmetro de colo e relação H/D.....	51
4.1.2	Peso de matéria fresca.....	53
4.1.3	Peso de matéria seca.....	55
4.2	AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REGENERAÇÃO DE RAIZ	56
4.2.1	Solução hidropônica.....	56
	a) Número médio de raízes novas	56
	b) Número médio de raízes novas acima de 1 cm.....	58
	c) Comprimento médio de raízes novas.....	58
4.2.2	Caixas.....	60
4.2.3	Tubos.....	67
	a) Número de extremidades regeneradas de raízes, na porção superior.....	69
	b) Número de extremidades regeneradas de raízes, na porção inferior	70
4.3	CORRELAÇÕES ENTRE O P.R.R. E O DESEMPENHO DAS MUDAS NO CAMPO, 24 MESES APÓS O PLANTIO.....	71
4.4	ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICIAL NO CAMPO, 18 MESES APÓS O PLANTIO.....	72
4.4.1	Número de raízes laterais	72
4.4.2	Deformações radiciais e desempenho das mudas no campo, 18 meses após o plantio.....	73
4.5	DESEMPENHO DAS MUDAS NO CAMPO.....	84
4.5.1	Sobrevivência das mudas.....	84
4.5.2	Crescimento inicial em altura e diâmetro das mudas	86
	a) Altura da parte aérea das mudas.....	86
	b) Desenvolvimento em diâmetro ao nível do solo.....	89

5. <u>CONCLUSÕES</u>	92
ANEXOS	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - NÍVEIS DE FERTILIDADE DO SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> , EM RAIZ NUA.....	37
TABELA 2 - NÍVEIS DE FERTILIDADE EM PERCENTAGENS, DO COMPOSTO ORGÂNICO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i>	38
TABELA 3 - COMPOSIÇÃO DA SOLUÇÃO HIDROPÔNICA E CONCENTRAÇÕES DOS MACRONUTRIENTES VISANDO O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA RADICAL DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i>	38
TABELA 4 - VALORES MÉDIOS DE ALTURA DA PARTE AÉREA, DIÂMETRO DE COLO E RELAÇÃO H/D DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> , SEIS MESES APÓS A SEMEADURA.....	53
TABELA 5 - VALORES MÉDIOS DE PESO DE MATÉRIA FRESCA DAS PARTES AÉREA E RADICAL E PESO TOTAL DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> , SEIS MESES APÓS A SEMEADURA.....	54
TABELA 6 - VALORES MÉDIOS DE PESO DE MATÉRIA SECA DAS PARTES AÉREA E RADICAL E PESO TOTAL DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> , SEIS MESES APÓS A SEMEADURA.....	56
TABELA 7 - VALORES MÉDIOS DO NÚMERO TOTAL DE RAÍZES NOVAS E ACIMA DE 1 cm DE MUDAS DE SEIS MESES DE <i>Pinus taeda</i> COM RAÍZES LATERAIS PODADAS, 22 DIAS APÓS TRANSPLANTIO EM SOLUÇÃO HIDROPÔNICA	57
TABELA 8 - VALORES MÉDIOS DO COMPRIMENTO DE RAÍZES NOVAS DE MUDAS DE SEIS MESES DE <i>Pinus taeda</i> COM RAÍZES LATERAIS PODADAS, 22 DIAS APÓS TRANSPLANTIO EM SOLUÇÃO HIDROPÔNICA	59
TABELA 9 - VALORES MÉDIOS DO COMPRIMENTO DE RAÍZES NOVAS DE MUDAS DE SEIS MESES DE <i>Pinus taeda</i> COM RAÍZES LATERAIS PODADAS, 90 DIAS APÓS TRANSPLANTIO EM CAIXAS.....	61
TABELA 10 - NÚMERO DE EXTREMIDADES REGENERADAS DE RAÍZES DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> DE SEIS MESES COM RAÍZES LATERAIS PODADAS, 90 DIAS APÓS TRANSPLANTIO EM TUBOS.....	68

TABELA 11 - NÚMERO E DISTRIBUIÇÃO EM QUADRANTES DE EXTREMIDADES REGENERADAS DE RAÍZES DE MUDAS DE SEIS MESES DE <i>Pinus taeda</i> , COM RAÍZES LATERAIS PODADAS, 90 DIAS APÓS TRANSPLANTIO EM TUBOS.....	69
TABELA 12 - NÚMERO DE EXTREMIDADES REGENERADAS DE RAÍZES DE MUDAS DE SEIS MESES COM RAÍZES LATERAIS PODADAS DE <i>Pinus taeda</i> , NA PORÇÃO SUPERIOR, 90 DIAS APÓS TRANSPLANTIO EM TUBOS.....	70
TABELA 13 - NÚMERO DE EXTREMIDADES REGENERADAS DE RAÍZES DE MUDAS DE SEIS MESES COM RAÍZES LATERAIS PODADAS DE <i>Pinus taeda</i> , NA PORÇÃO INFERIOR, 90 DIAS APÓS TRANSPLANTIO EM TUBOS.....	71
TABELA 14 - CORRELAÇÕES ENTRE O POTENCIAL DE REGENERAÇÃO DE RAÍZES (P.R.R.) E ALTURA E DIÂMETRO NO CAMPO, MEDIDOS 24 MESES APÓS O PLANTIO DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i>	72
TABELA 15 - CLASSES DE DIÂMETROS E NÚMERO MÉDIO DE RAÍZES, 18 MESES APÓS O PLANTIO DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i>	73
TABELA 16 - NÚMERO MÉDIO E TOTAL DE DEFORMAÇÕES RADICIAIS, 18 MESES APÓS O PLANTIO DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i>	73
TABELA 17 - COEFICIENTES DE DEFORMAÇÕES RADICIAIS (CDR) VERIFICADAS 18 MESES APÓS O PLANTIO DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i>	74
TABELA 18 - VALORES MÉDIOS DE SOBREVIVÊNCIA DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> , CINCO MESES APÓS O PLANTIO	85
TABELA 19 - DADOS DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA OCORRIDOS NOS CINCO MESES DE AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i>	85
TABELA 20 - VALORES MÉDIOS DE ALTURA DA PARTE AÉREA DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> , 24 MESES APÓS O PLANTIO.....	87
TABELA 21 - VALORES MÉDIOS DE DIÂMETRO DE COLO DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> , 24 MESES APÓS O PLANTIO.....	91

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - BLOCO PRENSADO DE TURFA, DENTRO DA BANDEJA DE PLÁSTICO RÍGIDO, ANTES DA SEMEADURA E DAS REGAS. AS FILEIRAS DAS MUDAS SITUAM-SE ENTRE AS FRESTAS DA CAIXA.....	36
FIGURA 2 - PARTE DO EXPERIMENTO INSTALADO EM AQUÁRIOS VISANDO A DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE REGENERAÇÃO DE RAÍZES	44
FIGURA 3 - PARTE DO EXPERIMENTO INSTALADO EM CAIXAS, INCLINADAS EM ÂNGULO DE 30° PARA FACILITAR AS OBSERVAÇÕES DO COMPRIMENTO DAS RAÍZES.....	46
FIGURA 4 - DESENVOLVIMENTO DE RAÍZES DE MUDAS DE SEIS MESES DE <i>Pinus taeda</i> , PRODUZIDAS NO SISTEMA DE BLOCOS PRENSADOS COM 10 cm E TRANSPLANTADAS, 90 DIAS APÓS PODA RADICIAL PARA CAIXAS.....	62
FIGURA 5 - DESENVOLVIMENTO DE RAÍZES DE MUDAS DE SEIS MESES DE <i>Pinus taeda</i> , PRODUZIDAS NO SISTEMA DE BLOCOS PRENSADOS COM 7 cm E TRANSPLANTADAS, 90 DIAS APÓS PODA RADICIAL PARA CAIXAS.....	63
FIGURA 6 - DESENVOLVIMENTO DE RAÍZES DE MUDAS DE SEIS MESES DE <i>Pinus taeda</i> , PRODUZIDAS NO SISTEMA DE RAIZ NUA, E TRANSPLANTADAS, 90 DIAS APÓS PODA RADICIAL PARA CAIXAS.....	64
FIGURA 7 - DESENVOLVIMENTO DE RAÍZES DE MUDAS DE SEIS MESES DE <i>Pinus taeda</i> , PRODUZIDAS EM TUBETES COM MENOR DENSIDADE E TRANSPLANTADAS, 90 DIAS APÓS PODA RADICIAL PARA CAIXAS.....	65
FIGURA 8 - DESENVOLVIMENTO DE RAÍZES DE MUDAS DE SEIS MESES DE <i>Pinus taeda</i> , PRODUZIDAS EM TUBETES COM MAIOR DENSIDADE E TRANSPLANTADAS, 90 DIAS APÓS PODA RADICIAL PARA CAIXAS.....	66
FIGURA 9 - ALTURA, NÚMERO DE RAÍZES LATERAIS E DEFORMAÇÕES RADICIAIS, 18 MESES APÓS O PLANTIO DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i>	75

FIGURA 10 - DIÂMETRO AO NÍVEL DO SOLO, NÚMERO DE RAÍZES LATERAIS E DEFORMAÇÕES RADICIAIS, 18 MESES APÓS O PLANTIO DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i>	76
FIGURA 11 - DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICIAL, 18 MESES APÓS O PLANTIO, ORIGINADO DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> PRODUZIDAS EM BLOCOS PRENSADOS COM 10 cm.....	77
FIGURA 12 - DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICIAL, 18 MESES APÓS O PLANTIO, ORIGINADO DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> PRODUZIDAS EM BLOCOS PRENSADOS COM 7 cm.....	78
FIGURA 13 - DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICIAL, 18 MESES APÓS O PLANTIO, ORIGINADO DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> PRODUZIDAS EM RAIZ NUA.....	79
FIGURA 14 - DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICIAL, 18 MESES APÓS O PLANTIO, ORIGINADO DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> PRODUZIDAS EM TUBETES COM MENOR DENSIDADE.....	81
FIGURA 15 - DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICIAL, 18 MESES APÓS O PLANTIO, ORIGINADO DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> PRODUZIDAS EM TUBETES COM MAIOR DENSIDADE.....	82
FIGURA 16 - DESENVOLVIMENTO EM ALTURA (cm), 18 MESES APÓS O PLANTIO DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> EM FUNÇÃO DA DIFERENÇA ENTRE O COMPRIMENTO (cm) E PROFUNDIDADE DA RAIZ PRINCIPAL (cm).....	83
FIGURA 17 - DESENVOLVIMENTO EM DIÂMETRO AO NÍVEL DO SOLO (mm), 18 MESES APÓS O PLANTIO DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> EM FUNÇÃO DA DIFERENÇA ENTRE O COMPRIMENTO (cm) E PROFUNDIDADE DA RAIZ PRINCIPAL (cm).....	84
FIGURA 18 - DESENVOLVIMENTO EM ALTURA DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> , NO PERÍODO DE 24 MESES.....	89
FIGURA 19 - DESENVOLVIMENTO EM DIÂMETRO AO NÍVEL DO SOLO DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> , NO PERÍODO DE 24 MESES.....	91

RESUMO

O presente estudo analisou a viabilidade do uso de uma nova metodologia de produção de mudas de *Pinus taeda*, cujo objetivo central foi comparar a eficiência do sistema de blocos prensados, por meio da avaliação de parâmetros morfofisiológicos, com mudas produzidas em tubetes e em canteiros de raiz nua. O trabalho foi desenvolvido em três etapas empregando cinco tratamentos: a) Blocos prensados com 10 cm; b) Blocos prensados com 7 cm; c) Raiz nua; d) Tubetes D48 (menor densidade) e e) Tubetes D96 (maior densidade). A primeira etapa constou da produção das mudas e avaliação dos seguintes parâmetros morfológicos: a) Altura da parte aérea (H); b) Diâmetro de colo (D); c) Relação H/D e d) Pesos de matéria fresca e seca aérea, radicial e total (g). Na segunda etapa avaliou-se o potencial de regeneração de raízes em aquários e caixas (laboratório) e em tubos (casa de vegetação) por meio da determinação dos seguintes parâmetros: a) Número total de raízes novas em aquários; b) Número total de raízes novas > 1 cm em aquários; c) Comprimento total de raízes em aquários e caixas (cm) e d) Número total de extremidades de raízes visíveis nas paredes dos tubos. A terceira etapa constou do plantio das mudas no campo onde foram avaliados a sobrevivência até o quinto mês e o crescimento inicial por meio de medições da altura da parte aérea e do diâmetro ao nível do solo. Utilizou-se o delineamento estatístico inteiramente casualizado com seis repetições no viveiro e quatro no laboratório e casa de vegetação. No campo utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso com seis repetições. A análise estatística constou de análise de variância, teste de médias (Duncan 95%), análise de contrastes ortogonais e análise de regressão. Aos 18 meses do plantio, foram retiradas do solo duas mudas por tratamento e avaliada a configuração dos seus sistemas radiciais. As mudas produzidas nos sistemas de blocos prensados com 7 e 10 cm e raiz nua, cinco meses após o transplantio em tubos, apresentaram distribuição uniforme de suas raízes nos quatro quadrantes, com maior concentração na porção superior dos tubos. O sistema de blocos prensados com 10 cm, em todas as fases de avaliação dos parâmetros morfofisiológicos e desempenho das mudas no campo, foi superior aos demais métodos utilizados neste trabalho, comprovando assim, a sua eficiência na produção de mudas de *Pinus taeda*. O comprimento total e o número de raízes novas > 1 cm, apresentaram correlações significativas com o desempenho das mudas no campo. O potencial de regeneração de raízes foi considerado um parâmetro fisiológico confiável na determinação da qualidade de mudas de *Pinus taeda* e da previsão do seu desempenho no campo. As mudas de *Pinus taeda* de melhor padrão de qualidade, para todos os parâmetros pesquisados e desempenho no campo, 24 meses após o plantio, foram produzidas em blocos prensados com 10 cm. Uma adequada distribuição horizontal das raízes laterais verificada em mudas produzidas em blocos prensados mostrou ter contribuído para um melhor uso do solo e, conseqüentemente, alcançar no campo maiores taxas de crescimento inicial. As mudas produzidas em raiz nua e blocos prensados com 7 cm apresentaram no campo, ritmos de crescimento similares. As médias mais baixas, para todos os parâmetros morfofisiológicos avaliados, foram verificadas em mudas produzidas em tubetes, que se mostraram inadequados para a produção de mudas de *Pinus taeda*, pois comprometeram a distribuição horizontal das raízes laterais, confinando-as para baixo e, conseqüentemente, induziram à deformação radicial, com prejuízos ao desempenho das mudas no campo. O alto coeficiente de deformação radicial verificado para as mudas em raiz nua reforça a hipótese de que o seu plantio tenha sido efetuado de modo inadequado.

ABSTRACT

The present study has analysed the viability of the use of a new methodology in the production of seedlings of *Pinus taeda*. The main objective was to compare the efficiency of pressed blocks, against tubetes and bare root on the production of seedlings through morpho-physiological through. The study was performed in three stages employing five treatment: a) Pressed blocks with 10 cm; b) Pressed blocks with 7 cm; c) Bare roots; d) "Tubetes" D48 (lower density) and e) "Tubetes" D96 (higher density). The first stage consisted of production of seedlings and the evaluation of the following morpho-physiological parameters: a) Height of the aerial part (H); b) Root-collar diameter (D); c) H/D ratio and d) Weight of fresh and dry matter aerial part, root system and total (g). In the second stage the roots regenerating potential was evaluated (RRP) in aquariums and boxes (laboratory) and in "Tubetes" (greenhouse) through the following parameters: a) Total number of new roots > 1 cm in aquariums; c) Total length of roots in aquariums and in boxes (cm) and d) Total number of visible roots ends on the tube walls. The third stage consisted of planting the seedlings in the field where the survival up to the fifth month and the initial growth were evaluated by means of measuring the height of the aerial part and the stem diameter at ground level. Completely random designs with six replications in the nursery and four in the laboratory and greenhouse were used. In the field a randomised complete-block design with six replications was used. The statistical analysis consisted of analysis of variance, means comparison tests (Duncan 95%), orthogonal contrasts, and regression analysis. Eighteen months after plantation, two plants by treatment were removed from the ground and the configuration of their root systems were evaluated. The seedlings produced in the system of pressed blocks with 7 and 10 cm and bare-root, five months after transplanted in tubes, showed uniform distribution of their roots in the four quadrants, with a greater concentration in the upper portion of the tubes. The pressed blocks with 10 cm, in all phases of the evaluation of the morpho-physiological parameters, as well as the performance of the seedlings in the field, was superior to the other methods used in this work, proving this way, its efficiency in the production of *Pinus taeda* seedlings. The total length and the number of new roots > 1 cm presented significant correlation with the performance of the seedlings in the field. The root regeneration potential (RRP) was considered a reliable physiological parameter in determining the quality of the *Pinus taeda* seedlings and the prediction of its performance in the field. The *Pinus taeda* seedlings of better quality for all the studied parameters and performance in the field, 24 months after plantation, were produced in pressed blocks with 10 cm. An adequate horizontal distribution of the lateral roots observed in seedlings produced in pressed blocks contributed to a better use of the soil and, consequently, showed higher rates of initial growth in the field. The bare-rooted and pressed block with 7 cm seedlings showed similar growth rate in the field. The lowest means, for all morpho-physiological parameters evaluated, were observed in seedlings produced in tubetes that seemed to be inadequate for the production of *Pinus taeda* seedlings, for compromising the horizontal distribution of lateral roots, driving them down, and consequently, inducing the root system deformity, to the detriment of the seedlings performance in the field. The high coefficient of root system deformity observed in the bare-rooted seedlings reinforces the hypothesis that plantation was inadequately done.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui aproximadamente 40% de sua superfície coberta com florestas naturais mas ainda assim é grande a sua dependência em produtos e subprodutos oriundos das florestas plantadas. A área de reflorestamento comercial, composta em sua maior parte por espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, é estimada em 7 milhões de hectares. Entretanto estima-se em 20 milhões de hectares a área considerada adequada para esta finalidade no Brasil. Apesar disto o programa de reflorestamento do país é um dos mais extensos do mundo (FERREIRA e SANTOS, 1997).

A crescente expansão dessa área, aliada às exigências do mercado consumidor, força conseqüentemente, a busca de novas alternativas tecnológicas de mecanização da maioria das operações que envolve as atividades de reflorestamento. Neste sentido, o objetivo é estabelecer florestas altamente produtivas. Todavia, estes objetivos só serão atingidos mediante o uso de espécies florestais economicamente viáveis de rápido crescimento,. Dentre as espécies florestais mais utilizadas em plantios comerciais no Brasil estão as do gênero *Pinus*, largamente utilizadas para esta finalidade no Sul do país.

A área plantada com estas espécies nesta região, está em torno de 1.100.000 hectares dentre os quais, 500.000 encontram-se no Estado do Paraná (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE MADEIRA, 1985).

A escolha criteriosa da espécie a ser utilizada, além de outros fatores, é importante para o êxito de um programa de reflorestamento. Não obstante, quando se pretende alcançar povoamentos mais produtivos, são as características das mudas a serem produzidas que

indicam a qualidade das árvores a serem produzidas. Uma muda considerada de alto padrão de qualidade deve condizer de forma eficaz às novas tecnologias adotadas, suportar as adversidades do meio, apresentar altos percentuais de sobrevivência no campo, possibilitar a diminuição da frequência dos tratos culturais do povoamento recém implantado e produzir árvores com volume e qualidades desejáveis. Nos últimos anos foi notória a evolução das técnicas de produção de mudas de espécies florestais, resultando assim, numa melhoria da qualidade das mudas produzidas. Para GOMES *et al.* (1977), a despeito do sucesso do povoamento implantado depender também da qualidade das mudas produzidas, o aperfeiçoamento das técnicas de produção não conseguiu acompanhar o progresso alcançado nas demais etapas das atividades de reflorestamento. Segundo PARVIAINEN e ANTOLA (1986) as exigências econômicas têm forçado o máximo de mecanização do processo de produção de mudas em recipientes. As pesquisas desenvolvidas em várias partes do mundo têm priorizado a produção de mudas com o máximo de proteção e mínima exposição do sistema radicial. No Brasil, muitos problemas pendentes ainda existem e, dessa forma, ainda se discutem alternativas que possam solucioná-los, principalmente em se tratando de mudas produzidas em recipientes, que não causem danos a uma adequada formação do sistema radicial. É consenso entre os pesquisadores que muitos dos recipientes existentes no mercado, impõem restrição ao sistema radicial das mudas, provocando vários tipos de deformações comprometendo assim, o desempenho das árvores no campo. Segundo CARNEIRO (1995) os recipientes devem apresentar formas e volumes que evitem o crescimento de raízes mal formadas.

As evidências apresentadas demonstram, de forma clara, a necessidade de novas tecnologias de produção de mudas em recipientes, visando atingir os melhores padrões de

qualidade desejados, otimizando assim, o sistema de produção de mudas de espécies florestais.

O objetivo deste trabalho foi testar uma nova metodologia de produção de mudas de *Pinus taeda* L., comparando a eficiência do sistema de blocos prensados com sistemas convencionais, sob o ponto de vista morfofisiológico, visando a produção de mudas que apresentassem características de maiores taxas de sobrevivência e crescimento inicial após o plantio.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA DA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALTO PADRÃO DE QUALIDADE

Os critérios para a classificação das mudas, segundo CARNEIRO (1983), baseiam-se em duas razões: a) aumento do percentual de sobrevivência das mudas, e b) redução na frequência dos tratos culturais após o plantio.

A qualidade de um povoamento florestal está relacionada diretamente com a qualidade das mudas usadas no plantio. Neste sentido, o potencial genético, a sanidade e a conformação do sistema radicial são extremamente importantes para a boa produtividade do povoamento (CARVALHO, 1992).

O replantio é uma operação onerosa e dispensável em casos de elevada sobrevivência. Maior desenvolvimento em altura das mudas reduz a frequência dos tratos de manutenção de povoamentos recém implantados (CARNEIRO e RAMOS, 1981). Segundo CARNEIRO (1995), plantio de mudas de alto padrão de qualidade elimina ou reduz o percentual de replantio.

Os problemas relacionados com a produção das mudas, ainda no viveiro, têm sido as principais causas da sua mortalidade nos primeiros anos de implantação de povoamentos, podendo chegar a 20% até os sete anos e 15% nos dois primeiros anos, confirmaram FREITAS e KLEIN (1993), sem informar espécies.

CARNEIRO (1995) relatou que o padrão de qualidade das mudas produzidas, varia de acordo com a espécie e, para uma mesma espécie, entre diferentes sítios. A finalidade central é a produção de mudas dotadas de qualidade e que possam resistir bem às adversidades no campo. A importância da produção de mudas de alta qualidade, na opinião de BARNET *et al.* (1984), merece ainda maior atenção, quando: a) durante o primeiro ano após o plantio, ocorrer uma maior intensidade de evaporação em relação à precipitação; b) as mudas forem plantadas em solos com textura grossa, rasos ou pedregosos; c) o preparo inadequado da área acarretar dificuldades para um bom trabalho de plantio manual. CARNEIRO (1995) acrescentou, ainda, outras preocupações, tais como: a) inadequado acondicionamento das mudas quando da sua expedição para a área de plantio; e) precárias condições de transporte, para longas distâncias; f) técnica incorreta de preparo da área; g) uso inadequado de técnicas de plantio; h) plantio fora da época adequada; i) plantio das mudas em solos compactados e j) plantio em regiões onde ocorrem freqüentes variações climáticas.

2.2 CRITÉRIOS PARA A CLASSIFICAÇÃO DOS INDICADORES DA QUALIDADE DE MUDAS

De acordo com WAKELEY (1954), os parâmetros estudados para conceituar a qualidade de mudas, são de duas naturezas: os morfológicos, que se baseiam nas características fenotípicas e os fisiológicos, os quais têm como base, os aspectos "internos" das mudas.

Ainda segundo este autor, na medida em que o estudo de qualidade de mudas foi feito em sítios variados, começaram a aparecer as falhas, como por exemplo, mudas não recomendáveis para o plantio, apresentarem melhor sobrevivência no campo. Algumas

hipóteses relacionadas foram levantadas: a) dimensões menos uniformes das mudas; b) maiores danos às raízes, em decorrência da retirada dos canteiros das mudas em raiz nua; c) dimensões mal especificadas do diâmetro de colo das mudas consideradas aptas ao plantio, e d) desconsideração de variações de dormência apical, das formações dos brotos de inverno e problemas causados no ato do plantio.

Os parâmetros morfofisiológicos estão intimamente relacionados com a rusticidade e o vigor das mudas e, conseqüentemente, com a sobrevivência e crescimento inicial no campo após o plantio (CARNEIRO, 1995).

2.2.1 Parâmetros morfológicos

Os parâmetros morfológicos segundo SCHMIDT-VOGT (1966), podem ser classificados:

a) Altura da parte aérea (H)

b) Atributos de vigor

Peso total da muda/cm de altura da parte aérea

Peso da parte aérea

Peso da parte aérea / cm da parte aérea

Diâmetro de colo (D)

Relação altura da parte aérea / diâmetro de colo

Relação parte aérea / parte radicial (peso e/ou comprimento)

c) Capacidade de enraizamento

Peso das raízes

Peso das raízes/cm de altura da parte aérea

Comprimento das raízes

Superfície ativa das raízes

Frequência de micorrizas nas raízes

Porcentagem de raízes

d) Capacidade de assimilação

Ramificação

Formação de folhas ou acículas

Qualidade e quantidade de brotos

e) Outros parâmetros

Comprimento de acículas

Comprimento de raízes.

BACON (1979) enfatizou que mudas com dimensões mais uniformes facilitam a mecanização de produção e contribuem para reduzir a necessidade de classificação das mesmas.

Os parâmetros, embora haja interdependência entre eles, serão apresentados individualmente, visando uma melhor compreensão da influência de cada um deles sobre a qualidade das mudas.

a) Altura da parte aérea (H)

Este parâmetro, por muito tempo o único critério utilizado para avaliar a qualidade das mudas, foi sugerido por FLURY¹ (1985), citado por CARNEIRO (1995). Muitos viveiristas utilizam adubação nitrogenada em quantidade excessiva, no intuito de proporcionar às mudas, um crescimento maior em altura. Como decorrência, ocorre a redução de atividades fisiológicas das mudas, comprometendo, a sobrevivência após o plantio.

SCHMIDT-VOGT e GÜRTH (1969), produziram mudas de *Pinus sylvestris* nos espaçamentos de 3,5 x 20 e 7,5 x 20 cm e também correlacionaram o crescimento das mudas com as alturas das árvores, sete anos após o plantio. Concluíram que houve necessidade de compatível o diâmetro de colo das mudas para que alcançassem maiores crescimentos em altura.

Procurando definir padrões de qualidade para mudas de *Pinus taeda*, com alturas inferiores a 10 e superiores a 38 cm, CARNEIRO (1976) não encontrou diferenças de sobrevivência e crescimento até 15 meses após o plantio.

Com referência a *Pinus sylvestris*, SCHMIDT-VOGT e GÜRTH (1977) são de parecer que mudas mais altas e de maiores espessuras devam ser utilizadas para reflorestamento. Esclareceram que plantas de maiores alturas de parte aérea, foram mais sujeitas ao “choque” de plantio, mas que diâmetros grandes atenuaram este efeito prejudicial, recomendando como refugio para o plantio, mudas pequenas e de pouca espessura. BORGES *et al.* (1980), trabalhando com mudas de *Eucalyptus grandis*, encontraram correlações positiva entre altura das mudas no viveiro e no campo, seis meses após o plantio.

¹FLURY, P. Untersuchungen über die Entwicklung der Pflanzen in der frühestens Jugendperiode. Mitt. Schweiz. Centralanst. Forstl. Versuchsw., Zúrique, n.4, 1985.

b) Diâmetro de colo (D)

Vários pesquisadores, como WAKELEY (1954), SCHUBERT e ADAMS (1971) e CARNEIRO (1976), comprovaram existir forte correlação entre o diâmetro de colo e a percentagem de sobrevivência das mudas no campo após o plantio.

CARNEIRO (1976) estudou mudas de *Pinus taeda* de 11 e 8 meses de idade, com médias de altura, respectivamente, de 29 e 15 cm e de diâmetros de colo, de 3,7 e 2,3 mm respectivamente. O autor constatou maior sobrevivência (76%) para as mudas mais velhas, com diâmetros superiores à média, mesmo com alturas inferiores à média. A menor sobrevivência (26%), foi verificada para as mudas mais novas, com diâmetros inferiores à média e alturas superiores à média. O maior desenvolvimento inicial em altura (127 cm) foi apresentado pelas mudas mais velhas, diâmetros e alturas superiores às suas médias. O menor desenvolvimento (85 cm), foi apresentados pelas mudas mais novas com diâmetros superiores à média e altura inferior à sua média. O autor concluiu que o melhor desempenho no campo foi observado para as mudas que apresentaram maiores diâmetros.

Pesquisa de CARNEIRO e RAMOS (1981), realizada com *Pinus taeda* indicou que mudas com diferentes dimensões iniciais de alturas e diâmetros, aos seis anos de idade, apresentaram valores equivalentes em DAP, altura e volume. Os autores salientaram que o melhor desempenho das mudas com maiores diâmetros ocorreu pelo menos até 15 meses após o plantio, sugerindo que as mesmas sobrepujaram mais rapidamente a concorrência com a vegetação, reduzindo os custos de manutenção do povoamento.

Pesquisando plantios de *Pinus taeda*, de 13 anos de idade, SOUTH *et al.* (1985) constataram maiores índices de sobrevivência, crescimento em altura e incremento em volume de mudas com diâmetro de colo superiores a 4,7 mm.

BRITT *et al.* (1991) pesquisaram a existência de interação entre o diâmetro de colo de mudas de *Pinus taeda* e o controle químico da vegetação herbácea (alta e baixa abundância), por seis períodos vegetativos após a implantação do povoamento. Estes pesquisadores ressaltaram a importância de valores maiores que 4 mm de diâmetro de colo para plantio, em ambos os casos de abundância de vegetação após o plantio.

A interação do diâmetro de colo de mudas de *Pinus radiata*, com a percentagem de sobrevivência após o plantio, também foi pesquisada por SOUTH *et al.* (1993). Estes autores constataram que a influência do diâmetro inicial na sobrevivência foi significativa. A média de 62% de sobrevivência correspondeu às mudas com 2 mm de diâmetro de colo, enquanto que as de 5 mm apresentaram média de 85% de sobrevivência.

Para CARNEIRO (1995), a conjugação das medições de altura da parte aérea e diâmetro de colo das mudas deve ser levada em consideração para a classificação da qualidade das mudas, em razão da facilidade operacional destas medições. Contudo, o autor ressaltou a importância que os parâmetros fisiológicos exercem no desempenho das mudas, após o plantio.

c) Relação H/D

A relação H/D, foi conceituada por CARNEIRO (1985) como o equilíbrio de desenvolvimento das mudas no viveiro, uma vez que conjuga dois parâmetros em apenas um só índice, resultando num valor absoluto sem exprimir qualquer tipo de unidade. Este autor salientou ainda que a avaliação da qualidade das mudas empregando este parâmetro pode ser feita durante o período de produção, visando acompanhar o desenvolvimento das mesmas.

As características (H e D) que expressam o desenvolvimento das mudas foram correlacionadas em um só parâmetro por SCHMIDT-VOGT (1966), através da equação $D(\text{mm}) = 0,1H + 1$, visando o cálculo do diâmetro mínimo. Este autor salientou que este procedimento é válido apenas para mudas de espécie ocorrentes na Europa Central.

Segundo recomendações de CARNEIRO (1976), para os plantios na região dos Campos Gerais do Paraná, mudas de *Pinus taeda*, em raiz nua, devem ser plantadas apresentando média de diâmetro de colo acima de 3,7 mm e ainda, com base em sua observação prática, a média de altura dessas mudas deve situar-se na faixa entre 20 e 30 cm. Esta observação do autor implica no fato de que a relação H/D, em qualquer fase do período de produção das mudas deve situar-se entre os limites de 5,4 e 8,1 que representam um equilibrado desenvolvimento da parte aérea. Torna-se fácil, dessa forma, evidenciar os valores ótimos de diâmetros de colo para as mudas cujas alturas estão situadas fora da faixa de 20 a 30 cm.

d) Peso das mudas

Conforme CARNEIRO (1995), ao se reportar sobre o peso de matérias verdes e seca das mudas, como parâmetro de qualidade, devem-se considerar: a) determinação do peso da parte aérea; b) determinação do peso das raízes; c) determinação do peso total e d) determinação da percentagem de raízes.

Segundo BÖHM (1979), a determinação do peso de matéria seca de raízes é feita em estufa a 105°C, por 10-20 horas. A secagem pode também ser feita na temperatura de 60 a 75°C, consumindo, contudo, mais tempo.

Para CARNEIRO (1995), o cálculo da percentagem de raízes apresenta inerente deficiência. O peso das raízes corresponde sempre a valores muito pequenos, mesmo que as mudas apresentem um grande volume de raízes finas, com alta quantidade de pelos absorventes. Sob o ponto de vista fisiológico, este volume de raízes é de fundamental importância na sobrevivência e crescimento inicial, dada a sua função no processo de absorção de água e nutrientes do solo após o plantio. Por este motivo, deve-se conferir maior importância ao aspecto fisiológico das raízes, que exprime com mais propriedade a importância das mesmas na sobrevivência e desenvolvimento inicial das mudas.

e) Relações entre as partes aérea e radicial

WAKELEY (1954), pesquisando o peso de matéria seca de mudas de *Pinus taeda*, *P. elliottii*, *P. echinata* e *P. palustris*, constatou que as mudas devem ter um equilíbrio entre as partes aérea e radicial, cujos valores devam estar na faixa correspondente de 1,0 a 3,0, objetivando um melhor desempenho após o plantio.

LIMSTROM (1963) reportou que a relação entre os pesos das partes radicial e aérea constitui um eficiente critério para a determinação da qualidade de mudas.

GÜRTH (1976) relatou que mudas maiores, apresentando balanço desfavorável entre as partes radicial e aérea, têm menor probabilidade de sobrevivência no campo após o plantio.

CARNEIRO (1985), trabalhando com mudas de *Pinus taeda*, mostrou valores dessa relação compreendidos entre 2,12 e 2,87 cuja oscilação, esteve na dependência da densidade. Outras relações de valores entre as partes aérea e radicial podem ser consideradas, com os seus comprimentos.

McNABB (1985) relatou que a morfologia é importante para a resistência de mudas às condições de seca, exemplificando que baixas relações das partes radicial/aérea indicam pequena superfície de absorção, quando comparadas com a de transpiração. Neste sentido, e com base no peso de matéria seca, BOYER e SOUTH (1987) confirmaram a importância deste quociente sobre a sobrevivência de mudas de *Pinus taeda*, especialmente em solos secos.

2.2.2 Parâmetros fisiológicos

WAKELEY (1954) concluiu que as qualidades fisiológicas de mudas podem ser mais importantes que os efeitos de ordem morfológica. Contudo, as medições desses parâmetros são cansativas e demandam, freqüentemente, muito tempo. Ainda segundo este autor, algumas das premissas consideradas mais importantes e relacionadas à qualidade morfofisiológica das mudas são: a) as qualidades fisiológicas não correspondem necessariamente aos mesmos resultados morfológicos no campo. Os autores citam, como exemplo, duas mudas com a mesma capacidade fisiológica, mas de dimensões diferentes: a de maior dimensão poderá ser mais resistente à geadas ou apresentar maior poder de competição com a vegetação; b) qualidade fisiológica e classificação morfológica das mudas podem não coincidir. A coincidência explicaria a alta sobrevivência no campo de mudas de alta qualidade morfológica e, também, a baixa sobrevivência de mudas mal classificadas pelos parâmetros morfológicos; c) provavelmente, a alta qualidade morfológica possa aumentar a sobrevivência das mudas no campo, por garantir que a quantidade de água absorvida, iguale ou exceda a perda de água; d) a qualidade fisiológica das mudas pode ser afetada, entre outros fatores, pelo nível de fertilidade; e) o balanço hídrico, assim como o processo de formação de raízes novas, podem ser afetados pelas variações na quantidade de substâncias de reserva e

f) algumas práticas no viveiro, principalmente no fim da rotação, como o estresse hídrico, podem aumentar a resistência à seca após o plantio.

A eficácia dos parâmetros morfológicos, em alguns casos, foi colocada em dúvida por SUTTON (1979), que chama a atenção para as técnicas que alteram os fatores fisiológicos, como as que influenciam a regeneração de raízes.

De acordo com BACON (1979), a avaliação da condição fisiológica por meio de nutrientes, balanço hídrico e capacidade de regeneração de raízes, tem recebido amplo reconhecimento.

Com o intuito de assegurar maior desempenho das mudas no campo, CARNEIRO (1995) ressaltou a importância das raízes, pois elas estão intimamente associadas às atividades fisiológicas das quais dependem o crescimento das mudas. Dentre os parâmetros fisiológicos usados no estudo do sistema radicial, com o objetivo de avaliar a qualidade fisiológica das mudas, está o potencial de regeneração de raízes (P.R.R.).

a) Potencial de regeneração de raízes (P.R.R.)

Este parâmetro foi conceituado por STONE² *et al.* (1962) e RITCHIE³ (1985), citados por SOUTH *et al.* (1988), como a combinação do potencial de iniciação de crescimento de raízes laterais com o potencial de seu alongamento. Estes autores recomendaram que as mudas amostradas visando as medições das raízes, apresentem alturas,

²STONE, E. C.; JENKINSON, J. L.; KRUEMAH, S. L. Root regenerating potential of douglas-fir seedling lifted at different times of the year. *For. Sci.*, Bethesda, M. D., v.5, p.228-297, 1962.

³RITCHIE, G. A. Root growth potential: principles, procedures and predictive ability. In: EVALUATING SEEDLING QUALITY: PRINCIPLES PROCEDURES, AND PREDICTIVE ABILITIES OF MAJOR (1984 : Corvallis, OR). *Proceedings...* Corvallis, OR: For. Res., 1985. p. 93-105.

diâmetro de colo, e o tamanho do sistema radicial com dimensões padronizadas. Essas mesmas recomendações foram mencionadas por ABOD *et al.* (1979).

O P.R.R., visando avaliar o desempenho das mudas no campo, apresenta as vantagens de maior rapidez na obtenção dos dados, menor custo e ter maior precisão nas medições da qualidade fisiológica (FERET e KREH, 1985).

STONE (1967) sugeriu uma técnica para o estudo do P.R.R. que consiste na padronização dos comprimentos de todas as raízes laterais, após a remoção cuidadosa das mudas dos canteiros. Posteriormente, as mudas são colocadas em recipientes com areia ou outro material em que as mesmas possam desenvolver-se livremente. Segundo este autor, o P.R.R. é determinado, após alguns dias, pela avaliação do número total de extremidades regeneradas e pelo comprimento total de novas raízes.

Designados rizômetros, BÖHM (1979) exemplifica três tipos: caixas, tubos e aquários. Segundo CARNEIRO (1995), as caixas devem ter largura de 10 a 15 cm apresentando fundos e paredes laterais de madeira, nas quais encontram-se ranhuras para o encaixe dos vidros. Devem ser inclinadas a um ângulo de 25-30°, com a posição vertical para um melhor exame do sistema radicial das mudas. Os tubos são normalmente de plástico cilíndrico transparente, com furos na sua parte inferior. O substrato usado nestes dois tipos é sólido, geralmente areia ou solo. Com dimensões variáveis, usualmente, os aquários devem apresentar capacidade aproximada para 37 litros de solução hidropônica com pH mantido constantemente em torno de 6,0. Segundo BÖHM (1979), as raízes desenvolvem-se neste ambiente de forma abundante. Enfatiza-se que os três tipos devem ser revestido com papel alumínio ou lona plástica preta para evitar a incidência de luz.

Segundo BÖHM (1979), para a quantificação do número de novas raízes, estas após o processo de lavagem, são colocadas em um prato com água e o seu número é contado

através de um microscópico estéreo. Para a determinação do comprimento de raízes, este autor propôs que se coloquem as raízes em um prato de vidro, contendo uma pequena quantidade de água com uma folha de papel milimetrado sob este prato. As raízes são esticadas com pinças, porém sem sobreposições, mantidas nesta posição e seus comprimentos lidos no papel milimetrado. Para TENNANT (1975), este mesmo procedimento pode ser também usado para determinar o comprimento de raízes através de um processo mais prático e rápido, denominado método das interseções. Para tanto, as raízes são dispostas ao acaso sem sobreposições e a soma de suas interseções (pontos de cruzamentos) com qualquer uma das linhas verticais e horizontais do papel milimetrado fornecerá o comprimento total, que é obtido a partir da fórmula:

$$R = 0,786 \text{ (para unidades de 1 cm)} \times N \times \text{Unidade do papel de leitura}$$

onde:

R = Comprimento de raízes

N = Número de interseções.

ROSSIELO *et al.* (1995) compararam o método fotoelétrico (FE) com o das interseções (MI) na determinação de área, comprimento e raio médio radicial, dando ênfase à precisão e ao tempo de operação. O operador gastou 15,6 minutos na medição de uma amostra com 20% do total do volume radicial, pelo MI, encontrando valores menores para a área e volume de raízes finas, em confronto com o MF. Segundo esta metodologia, os resultados obtidos pelo MF foram mais exatos e demandaram apenas 4,0 minutos.

De acordo com PARVIAINEN (1981), o P.R.R. é uma característica que prognostica o percentual de sobrevivência e o crescimento após o plantio. Ainda segundo este autor, este potencial possibilita distinguir mudas de diferentes condições fisiológicas.

Mudas de *Pinus taeda*, amostradas em 20 viveiros por LARSEN *et al.* (1986), apresentaram variações de 36 a 86% no índice de sobrevivência, correspondente ao primeiro ano no campo, sendo o P.R.R. a principal característica responsável pela explicação dos maiores percentuais de sobrevivência. O número de raízes novas acima de 0,5 cm, assim como o seu comprimento, constituíram as variáveis, medidas pelos autores.

FERET e KREH (1985) investigaram a relação do P.R.R. com a sobrevivência e com o crescimento de mudas em dois viveiros de *Pinus taeda*, concluindo que um valor mínimo do P.R.R. pode ser necessário para que as mudas possam apresentar desejável desempenho no campo. Estes autores sugeriram o valor médio de 20 cm de alongamento de raiz.

JENKINSON e NELSON⁴ (1978) e JENKINSON e NELSON⁵ (1983), citados por FERET e KREH (1985), reportaram que o valor mínimo de P.R.R. pode variar de acordo com o sítio e a idade dos povoamentos.

BRISSETTE *et al.* (1988) relataram que o P.R.R., em muitas espécies, tem mostrado estreita relação com o vigor, tolerância à seca, danos físicos decorrentes da retirada das mudas dos canteiros, armazenamento e plantio. Segundo estes autores, este potencial é influenciado por muitos fatores tais como, o genótipo, fertilização e a época da expedição das mudas para campo.

A interação entre P.R.R. e densidade já foi analisada por vários pesquisadores, segundo BRISSETTE e CARLSON (1986), investigando a correlação entre densidade e P.R.R. de mudas de *Pinus echinata*, constataram que o número de raízes novas aumentou na

⁴JENKINSON, J. L.; NELSON, J. A. Seed source lifting windows for douglas-fir in the humboldt nursery. In: WESTERN FOREST NURSERY COUNCIL AND INTERMOUNTAIN NURSERYMENT'S ASSOC. CONF AND SEED PROCESSING WORKSHOP (1978 : Eureka, CA). **Proceedings...** For. Serv. USDA. San Francisco: 1978. p. B77-95.

⁵JENKINSON, J. L.; NELSON, J. A. 1-O Douglas-fir: a bare root planting option. In: WESTERN FOREST NURSERY COUNCIL AND WESTERN NURSERYMENT'S CONF (1978 : Medford, OR). **Proceedings...** South Oreg Reg Services Inst., Ashland: 1983. p. 63-76.

medida em que a densidade foi menor, o que propicia maior volume radicial. A este respeito, em um experimento com mudas de *Pinus taeda*, SOUTH *et al.* (1990), mostraram que o P.R.R. pode ser afetado pelo espaçamento no viveiro, sendo o efeito provavelmente maior em espaçamentos acima de 3 cm. Ainda segundo estes autores, o aumento no P.R.R. em decorrência do aumento no espaçamento é, provavelmente, mais devido ao melhoramento dos parâmetros morfológicos das mudas do que qualquer outro efeito nas taxas de alguns processos fisiológicos. Também para BRISSETTE (1991), o P.R.R. aumenta com a redução da densidade.

A interação entre o P.R.R. e o estresse hídrico também foi avaliado por inúmeros pesquisadores. JOHNSEN *et al.* (1986) correlacionou o P.R.R. de mudas de *Pinus strobus*, sob dois níveis de estresse hídrico, com o desempenho após o plantio. As mudas foram retiradas manualmente do viveiro em oito ocasiões diferentes. Foram avaliados o número e o comprimento de novas raízes iguais ou maiores que 0,5 cm. Segundo estes autores, o lote que apresentou menos de 35% das mudas com baixa capacidade de regeneração radicial, apresentou uma média de 88% de sobrevivência no campo. Já o lote que apresentou mais de 35% de suas mudas com baixa capacidade de regeneração radicial, apresentou no campo uma média de 66% de sobrevivência. As mudas irrigadas e não irrigadas mostraram a mesma resposta.

McTAGUE e TINUS (1996) reportaram que o P.R.R., consistiu em um importante atributo na explicação da sobrevivência de mudas de *Pinus ponderosa*.

Com referência aos efeitos de hormônios de crescimento no comportamento do P.R.R., existem resultados diversos na literatura. O processo de regeneração das raízes, segundo SUTTON (1969), dependeu dos reguladores de crescimento das plantas que

desempenharam um importante papel. RICHARDSON⁶ (1958), citado por KRAMER e ROSE (1985), sugeriu que a iniciação de novas raízes depende de um estímulo, provavelmente a auxina, que provoque a iniciação da atividade cambial. Entretanto, segundo SUTTON (1969), outros experimentos inclusive com mudas de *Pinus ponderosa*, mostraram que o P.R.R. apresentou uma correlação fraca com o conteúdo de auxina. Outro aspecto a se considerar é a quantidade de reservas de carboidratos nas raízes das mudas, que pode ser importante na regeneração do sistema radicial. Entretanto, já em experimentos com mudas de *Pinus taeda*, não se observou correlação entre a regeneração e os carboidratos, no momento do plantio. Provavelmente, a quantidade total de carboidrato nas mudas seja mais importante do que aquela presente apenas nas raízes.

Pesquisando a relação entre a fibrosidade do sistema radicial e P.R.R. de mudas de *Picea sitchensis*, DEANS *et al.* (1990) demonstraram que a maioria das raízes novas produzidas, ocorreu a partir dos ápices das raízes remanescentes. Os autores concluíram que raízes mais fibrosas dão mais rapidamente origem a novas raízes.

Com o objetivo de avaliar a influência de temperaturas do ar, do substrato e os efeitos da intensidade de luz no P.R.R. e trabalhando com mudas de *Pinus caribae* var. *hondurensis* e *Pinus kesiya*, em ambientes de casa de vegetação e câmara de crescimento, ABOD *et al.* (1979) encontraram uma correlação positiva entre a iluminação e o P.R.R. Em relação aos efeitos da temperatura do substrato, estes foram mais visíveis pelo comprimento das raízes. Para as duas espécies estudadas, os autores constataram que o P.R.R. dependeu da intensidade de luz, acrescentando que a temperatura do substrato apresentou maior efeito no crescimento em raízes do que a do ar.

⁶ RICHARDSON, S. D. Bud dormancy and root development in *Acer saccharium*. In Thimann, K. V. *The Physiology of Forest Trees*. New York, Ronald Press, 1958. p.409-425.

O P.R.R. apresentou uma correlação positiva com o percentual de sobrevivência em muitas pesquisas citadas por RITCHIE e DUNLAP (1980), envolvendo várias espécies. Estes autores constataram que o P.R.R. é cíclico e parece estar relacionado ao ciclo de dormência do broto terminal, apesar de haver controvérsias na literatura.

Resultados obtidos por BRISSETTE e BALLANGER (1985) confirmaram esta constatação, o que lhes permitiu concluir que para mudas de *Pinus taeda*, o P.R.R. diferiu acentuadamente entre anos e entre épocas de retiradas de mudas, em um mesmo ano. Estes autores atribuíram estas variações também às dimensões das mudas produzidas. Os resultados da pesquisa forneceram informações que definiram, naquele ano, a melhor época para a retirada das mudas dos canteiros.

Os resultados de pesquisas com mudas de *Pinus radiata*, obtidos por DONALD (1988), permitiram uma confirmação destas observações, durante três anos. O autor observou o efeito das estações do ano no P.R.R. O crescimento ocorreu durante todo o ano, mas houve uma acentuada flutuação nos valores deste potencial, ocorrendo o ápice na primeira metade do inverno e o declínio na primavera. O autor atribuiu esta oscilação à retomada do desenvolvimento do broto terminal, com a redução de níveis de hormônios das raízes.

FERET *et al.* (1985), pesquisando épocas de retiradas de mudas de *Pinus taeda*, concluíram que as mudas, produzidas em sete viveiros, mostraram similares oscilações desse potencial em cada época de retirada.

A influência da época de retirada no P.R.R., em dois viveiros de mudas de *Pinus taeda*, também foi pesquisada por BRISSETTE e ROBERTS (1984). Os autores classificaram as mudas em grandes (altura de 13 a 30 cm e diâmetro de colo de 4,8 mm ou mais); médias (11 - 13 cm de altura e pelo menos 3,0 mm de diâmetro de colo) e pequenas (menor que 13 cm de altura e menos que 3,0 mm de diâmetro). As épocas de avaliação foram o outono e fim de

primavera. Constatou-se que as dimensões das mudas proporcionaram um grande efeito no P.R.R. Os melhores resultados foram apresentados pelas mudas de maiores dimensões, valendo ressaltar todavia, que foram encontradas variações no P.R.R. entre mudas de iguais padrões morfológicos. Os autores concluíram que a melhor época de retirada das mudas deve ser determinada para cada viveiro. Neste estudo, a melhor época consistiu nos primeiro e terceiro meses do verão. Relataram ainda, que o P.R.R. pode ser um valioso instrumento de avaliação dos efeitos do sítio do viveiro, procedências de sementes, famílias em pomares clonais, técnicas de produção de mudas e outros fatores que atuam no comportamento das mudas não só no viveiro, mas também no campo após o plantio.

2.3 DENSIDADE E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DAS MUDAS

A densidade expressa a intensidade de competição entre as mudas, na busca de espaço para o seu desenvolvimento, condicionando-as à capacidade de melhor aproveitamento de luz, água e nutrientes. De acordo com SWITZER e NELSON⁷ (1963), citados por KRAMER e ROSE (1985), redução da densidade e aumento na fertilização em mudas de *Pinus taeda*, contribuíram para o crescimento em altura nos três anos após o plantio.

Para SCHMIDT-VOGT (1966), na medida em que se aumenta o espaçamento, e havendo pouca disponibilidade de nutrientes, menor será a concorrência entre as raízes e melhor a assimilação dos nutrientes. Conseqüentemente, maior é a tendência de crescimento em altura e peso das mudas. Já com disponibilidades intermediárias de nutrientes, não

⁷SWITZER, G. L.; NELSON, L. E. Effects of nursery fertility and density on seedling characteristics, yield and field performance of loblolly pine (*Pinus taeda* L.). Soil Sci., Soc. Am. v.27, p.461-464. 1963.

há influência do espaçamento. Todavia, em condição de rica disponibilidade, a tendência é a diminuição de crescimento.

Estudando o efeito da densidade sobre os valores dos padrões de qualidade de mudas de *Pinus taeda*, em plantio efetuado em sítios secos e arenosos, BURNS e BRENDENMUEHL (1971) constataram que, na medida em que se aumentou a densidade, houve uma redução na proporção de mudas consideradas aptas ao plantio.

BLACKMON e GAMMAGE (1971) constataram que maiores densidades em canteiros de *Populus deltoides* restringiram o desenvolvimento do sistema radicial, afetando também a média do diâmetro de colo, a qual caiu de 8,6 para 5,1 mm, da maior para a menor densidade.

Também WILSON e CAMPBELL (1972), pesquisando mudas de *Pseudotsuga menziesii* observaram aumentos graduais nos valores médios de diâmetro de colo com redução da densidade nos canteiros, sugerindo a densidade máxima de 270 mudas/m².

Conforme EDGREN (1977), pesquisando mudas de *Pseudotsuga menziesii* em dois viveiros, utilizando diversas densidades (108, 215, 323, 430 e 753 mudas/m²), verificou que o diâmetro médio das mudas diminuiu consistentemente em crescentes densidades, oscilando de 3,2 a 5,2 e de 3,5 a 6,1 mm, no primeiro e segundo viveiros, respectivamente.

Para BARNETT (1980), mudas de *Pinus taeda* apresentaram, em densidades mais baixas, um desenvolvimento mais adequado.

Para mudas em raiz nua de *Picea abies*, PARVIAINEN (1981) verificou que o percentual de mudas consideradas inaptas ao plantio aumentou rapidamente com o elevação da densidade.

Ainda foi acrescentado por BARNETT (1983) que, comumente, baixas densidades contribuem para a produção de mudas com menores alturas, todavia, com maiores diâmetros

de colo, pesos de matéria seca das partes aérea e radicial, maior resistência ao frio e melhor desempenho no campo.

Procurando determinar a densidade adequada para mudas em raiz nua de *Pinus taeda*, CARNEIRO (1985) adotou os seguintes espaçamentos: 2x2; 4x4; 6x6; 8x8 e 10x10 cm, constatando que nos três últimos o desenvolvimento das mudas foi equivalente. Portanto recomendou o espaçamento de 6 x 6 cm, o que corresponde a 278 mudas/m².

BRISSETE e CARLSON (1986), trabalhando com mudas de *Pinus echinata*, enfatizaram que baixa densidade resulta em grande volume de raiz e alto P.R.R.

BRISSETTE e CARLSON (1987) verificaram que o volume de raízes foi responsivo à densidade. Para mudas de *Pinus echinata*, eles recomendaram uma densidade de mudas abaixo de 237 mudas/m².

Trabalhando com mudas de *Quercus mutallii* e *Fraxinus pennsylvanica*, KENNEDY JR. (1988) alcançou, em densidades menores, maior percentagem de mudas com padrão de qualidade recomendável ao plantio. Constatou também, que nestas densidades o diâmetro, altura da parte aérea e percentagem de mudas consideradas aptas ao plantio, foram significativamente favorecidos.

SOUTH *et al.* (1990) trabalharam com mudas de *Pinus taeda* em raiz nua, produzidas com espaçamento de 15 cm entre fileiras e de 1 a 5 cm na fileira. Os autores observaram que o maior desenvolvimento do diâmetro, pesos e características radiciais, foram proporcionados pelos maiores espaçamentos. BRISSETTE (1991), respaldado em diversas pesquisas, argumentou ser muito grande a relação existente entre as dimensões das raízes e a densidade.

O uso de mudas produzidas em densidades mais baixas foi justificado por SOUTH (1993), apesar de acréscimo nos custos de madeira colhida alguns anos após o plantio. Ainda segundo este autor, dados atuais indicam que o plantio de mudas de *Pinus* apresentando 6

mm de diâmetro de colo, em comparação com os de 4 mm, levou a um aumento no volume de até 60 m³/ha. Este autor, com base no trabalho de AUTRY (1972), observou que os ganhos no volume foram confiados aos parâmetros morfológicos.

Segundo CARNEIRO (1995), há uma íntima correlação da densidade também com o potencial hídrico, condição nutricional e P.R.R.

2.4 RECIPIENTES E SUAS INFLUÊNCIAS NA QUALIDADE DAS MUDAS

Muitos são os autores que se posicionaram favoravelmente a este sistema de produção de mudas em recipientes, comparativamente ao sistema de raiz nua, como OWSTON e STEIN (1972), MESKIMEN (1973), STEIN e OWSTON (1975), CARNEIRO (1976), ABBOTT (1981), HAHN (1981), HARRIS (1981), ELAM, HODGES e MOORHEAD (1981), AMIDON *et al.* (1981), GULDIM (1982); SILANDER (1984), CARNEIRO e PARVIAINEN (1988).

Segundo PARVIAINEN (1976), para um mesmo tipo de recipiente, aquele correspondente ao de maior volume, apresentou uma conformação do sistema radicial mais próxima em relação ao das mudas oriundas de semeadura direta no campo.

Os recipientes cumprem com as funções, segundo TINUS e McDONALD (1979), de suporte, nutrição, proteção das raízes contra os danos mecânicos, além da desidratação, assim como, propiciar melhores condições operacionais de manuseio das mudas no viveiro e no plantio.

As dimensões dos recipientes e o volume destinado ao enraizamento influenciam na disponibilidade de suprimento de nutrientes e água. As mudas terão o seu desenvolvimento

afetado, caso a disponibilidade seja muito limitada ou presente em quantidade considerada excessiva (BÖHM, 1979).

É de grande importância o estudo das dimensões adequadas dos recipientes, pois os mesmos, apresentando volume acima do recomendado, provocam gastos desnecessários, como o aumento da área do viveiro e dos custos de transporte e, ainda, de manutenção e distribuição das mudas no campo (GONZALEZ ROQUE *et al.*, 1988).

Neste sentido GOMES *et al.* (1990), trabalhando com produção de mudas de ipê (*Tabebuia serratifolia*), copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e angico vermelho (*Piptadenia peregrina*), atribuíram também importância às dimensões, dado a sua influência em custos desnecessários de materiais. Estes autores ressaltaram, ainda, que o diâmetro e a altura dos recipientes devem variar com as características de cada espécie e tempo de permanência no viveiro.

Segundo SCHMIDT-VOGT (1984), deve-se priorizar a produção de mudas sem deformações radiciais, com o propósito de alcançar maior incremento anual após o plantio. Ressaltou, ainda, que a produção de mudas em recipientes deve proporcionar a formação de fortes sistemas radiciais, com o mínimo de deformações. Também CARNEIRO (1987) recomendou que os recipientes não devem provocar dobras e crescimento das raízes em espiral. Acrescentou que o material do qual o recipiente é confeccionado, não deve ser desintegrado durante a fase de viveiro e que o seu volume seja compatível com as exigências de cada espécie.

Para SJOBERG (1974), HULTÉN (1974), TINUS e McDONALD (1979) e FERREIRA (1985), os recipientes devem respeitar as características biológicas das espécies, não provocando danos à conformação natural das raízes, para que sejam alcançados expressivos índices de sobrevivência e desenvolvimento após o plantio. As deformações

radiciais, segundo HULTÉN (1974) e SCHMIDT-VOGT (1984), continuam após a fase de viveiro gerando sérios problemas no campo. CARNEIRO (1987), PARVIAINEN e TERVO (1989), investigando mudas de *Pinus* spp., chegaram a idêntica conclusão.

O desenvolvimento de mudas de *Pinus taeda* produzidas em tubetes foi pesquisada por MATTEI (1993) que constatou que as raízes laterais após o plantio, retomaram o seu crescimento horizontal, todavia, os desvios existentes persistiram.

Segundo CARNEIRO (1995), a ação mútua das propriedades de natureza biológica, técnica, econômica e física permitem um bom desenvolvimento dos parâmetros morfológicos que definem a qualidade das mudas. Este autor recomendou alguns critérios de classificação de qualidade: a) manter o sistema radicial o mais natural possível, não permitindo qualquer tipo de deformação; b) dimensões dos recipientes, com adequado volume de substrato, levando-se em consideração a espécie; c) possibilidade de reaproveitamento dos recipientes; d) levar em consideração os custos; e) facilidade de manuseio, atentando para sua decomposição; f) proteção da raízes durante o transporte das mudas para o campo; g) disponibilidade no mercado; h) evitar problemas de toxidez para as mudas e i) informação sobre a possibilidade de ser plantado com as mudas.

2.4.1 Efeitos da restrição radicial

Informações reportadas por PARVIAINEN (1984), citando HUURI⁸ (1973), atestam que, em geral, a sobrevivência das mudas produzidas em recipientes deve ser tão satisfatória quanto à sobrevivência das mudas produzidas em raiz nua. Todavia, as mudas produzidas em

⁸HUURI, O. Finnish observations on planting pine in peat pot. *Suo.*, Helsinki, v.24, n.3, p. 37-46, 1973.

pequenos recipientes só apresentarão bom desempenho no campo, quando em solos úmidos e bem preparados.

TSCHAPLINSKI e BLAKE (1985), citando trabalhos de vários autores, constataram que o peso de matéria seca de mudas de diversas espécies, assim como o número de extremidades e comprimento de raízes, área foliar e assimilação de água, apresentaram valores reduzidos em decorrência da restrição às raízes. Nestes trabalhos, foram pesquisados diversos níveis de restrição física ao sistema radicial de mudas de *Alnus*. Constataram que o estresse hídrico decorrente foi induzido pela restrição às raízes. Os autores observaram ainda uma redução inicial da relação parte radicial/parte aérea das amostras de mudas submetidas a rigorosa restrição radicial.

A restrição radicial, segundo CARNEIRO (1995), pode diminuir a resistência à desidratação, com prejuízo para sua condição hídrica.

Os efeitos da restrição ao sistema radicial sobre o crescimento de mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. cloeziana*, foram avaliados por REIS *et al.* (1989). As mudas foram submetidas a quatro níveis de restrição (60 ml, 500 ml, 5.000 ml e 18.000 ml) e a dois regimes de irrigação (frequente e intermitente). As plantas permaneceram por um período de restrição de 116 dias, após o qual o sistema radicial foi liberado, permanecendo por um período de 182 dias. Aos 116 dias de restrição radicial, as mudas apresentaram maiores valores de altura e diâmetro para menores níveis de restrição radicial, independentemente da irrigação. Após a liberação, foi verificado um crescimento lento das espécies que apresentaram maior sensibilidade à restrição radicial. Os autores ainda constataram que em recipientes de 60 ml, os valores da relação parte radicial/parte aérea foram reduzidos.

Muitos foram os estudos conduzidos no sentido da obtenção de um sistema radicial mais simétrico e, por conseguinte, o mais semelhante possível ao das plantas regeneradas

através do processo natural. A orientação horizontal das raízes laterais foi ressaltada, tendo em vista que alguns problemas após o plantio podem estar relacionados com os tipos de recipientes. O desempenho de mudas de *Pinus taeda*, originárias da semeadura direta no campo e o da produção em tubetes, foi estudado por MATTEI (1993). O autor verificou que todas as plantas originárias da semeadura apresentaram raízes laterais distribuídas na forma horizontal em todos os quadrantes, enquanto as raízes originárias de mudas em tubetes, em apenas dois quadrantes.

2.4.2 Alguns tipos de recipientes

a) Tubetes

Trata-se de um modelo cônico de plástico rígido, contendo quatro ou seis frisos internos longitudinais e eqüidistantes, que orientam o desenvolvimento das raízes laterais para a parte inferior. São conhecidos também os tubetes de seção quadrada, cujas arestas internas oriundas do encontro das paredes, também direcionam as raízes para baixo e evita o seu crescimento em forma espiral.

ALM e SCHANTZ-HANSEN (1974) comentaram que recipientes pequenos, tipo tubetes, são inadequados, pois restringem o crescimento do sistema radicial não tendo proporcionado quantidade adequada de meio para o enraizamento de mudas de espécies do gênero *Pinus*.

As dimensões dos tubetes para 60 cm³, em decorrência da restrição radicial, segundo BARROS *et al.* (1978), podem causar uma reduzida taxa de desenvolvimento no viveiro. Contudo, esses autores, trabalhando com *Eucalyptus grandis*, verificaram a recuperação do

crescimento em altura após o plantio. Segundo CARNEIRO (1995), espécies do gênero *Eucalyptus* são mais tolerantes à restrição radicial que as de *Pinus*. Entretanto, HENRIQUES *et al.* (1987) não encontraram desenvolvimento satisfatório para mudas de *Eucalyptus cloeziana* e *E. pyrocarpa*.

Segundo MATTEI (1993), o tubete mostrou-se inadequado para a produção de mudas de *Pinus taeda*, induzindo à deformação das raízes laterais, podendo trazer conseqüências negativas para o crescimento futuro das mudas no campo. Já as mudas originadas da semeadura direta, apresentaram melhor desempenho quando comparadas às produzidas em tubetes.

Por outro lado, CAMPINHOS JUNIOR e IKEMORI (1983) relataram algumas vantagens deste recipiente: a) diminui a necessidade de mão de obra em 50%, tanto no viveiro como no plantio, devido à mecanização e à facilidade operacional do processo; b) diminui a necessidade de equipamentos e c) melhores condições de trabalho.

FAGUNDES e FIALHO (1987) ainda acrescentaram: a) trabalho em casa de vegetação em qualquer condição climática; b) economia no transporte das mudas para o campo e c) redução a zero de máquinas na área do viveiro.

GONÇALVES (1987), trabalhando com mudas de *Eucalyptus grandis* em tubetes utilizando como substrato o composto orgânico, verificou que o sistema radicial se apresentou mais bem estruturado, quando comparado ao das mudas produzidas em sacos plásticos.

NEVES *et al.* (1990) reportaram que a sobrevivência das mudas produzidas em recipientes de menores dimensões depende da aplicação de doses mais elevadas de nutrientes, com vistas a compensar as perdas através do processo de lixiviação.

Para compensar esta deficiência de fertilizantes foliares, que segundo CORRÊA e FANTINI JUNIOR (1993), têm efeito pequeno ou nulo, estes pesquisadores trabalharam

com a fertirrigação foliar com N, P, K e micronutrientes em mudas de *Eucalyptus grandis* e *E. dunnii* em tubetes com 55 cm³, tendo os resultados confirmado pouco ou nenhum benefício à biomassa, altura e diâmetro de colo das espécies estudadas.

CARNEIRO (1995) também constatou a lixiviação de nutrientes, diminuindo a eficiência da adubação. Assim, há necessidade, segundo este autor, de constantes adubações em cobertura, visando compensar o processo de lixiviação dos elementos nutritivos, o que acarreta o desperdício da adubação líquida que se perde nos espaços vazios existentes entre os tubetes.

b) Sistema de blocos prensados

Segundo PARVIAINEN (1984), este método baseia-se no uso de blocos prensados constituídos de turfa seca. No ato de sua fabricação, são devidamente fertilizados, com 1-2 kg de NPK/m³ e calcário dolomítico a base de 3-5 kg/m³. O conteúdo de umidade da turfa deve ser de 40 a 45% e a porosidade permitir uma capacidade de ar, acima de 20%. O pH deve situar-se entre 4,7 e 5,5 para espécies do gênero *Pinus*. De acordo com PARVIAINEN e TERVO (1989), originalmente, estes blocos têm 2 cm de altura e se altamente higroscópicos, expandem-se para 7 cm imediatamente quando submetidos às regas normais. Conforme o processo de confecção podem atingir até 3,5 vezes a sua altura original, após a prensagem. Ainda segundo estes autores, cada bloco contém 96 pontos de semeadura, espaçados de 5 cm. Por ocasião de expedição das mudas para o plantio, os blocos são serrados, mecanicamente, em sentidos transversais para a individualização de torrões que contém as mudas. As serras promovem a poda das raízes laterais. Reportaram, ainda, que esta poda possibilita o desenvolvimento radicial com o decorrente aumento do número de extremidades de raízes.

Podem ser necessárias uma ou duas podas durante o período de rotação das mudas no viveiro, devendo, posteriormente essas caixas ser reencanteiradas. Estes autores esclareceram que as mudas não devem ser transportadas imediatamente para o campo após a última poda, para que ocorra, ainda no viveiro, a regeneração das raízes e, conseqüentemente, a retomada do crescimento do sistema radicial. Este tempo de permanência no viveiro, segundo CARNEIRO (1995), está na dependência de cada espécie, oscilando de 7 a 14 dias, período no qual, as regas continuam normalmente, havendo uma melhoria considerável nas condições fisiológicas das raízes que, aliada a alta higroscopicidade da turfa, proporcionam resultados pós-plantio com altos índices de sobrevivência e crescimento em altura. A mecanização de todo o sistema proporciona uniformidade do substrato, fertilização e irrigação e melhor homogeneidade no desenvolvimento das mudas. As raízes desenvolvem-se em posição natural, livremente por todos os lados, sem confinamento ou direcionamento provocados por paredes.

Este sistema tem contribuído com sucesso para a produção de mudas com um favorável desenvolvimento morfológico após o plantio, apresentando um sistema radicial praticamente isento de deformações (PARVIAINEN, 1990).

Este sistema foi testado por CARNEIRO e PARVIAINEN (1988), com o objetivo de verificar a adaptabilidade deste e de outros tipos de recipientes às condições ambientais da região de Curitiba, na produção de mudas de *Pinus elliottii*. Os autores constataram que o maior diâmetro de colo foi obtido das mudas originadas do sistema de blocos prensados, enquanto os menores valores foram encontrados nas produzidas em tubetes.

Com a finalidade de avaliar a possibilidade de uso dessa metodologia com produtos brasileiros, na produção de mudas de *Pinus taeda*, CARNEIRO e BRITO (1992) produziram blocos prensados com mistura de três tipos de material: bagaço de cana (50 a 100%), xaxim (0 a 35%) e "sphagnum" (0 a 35%). Foram avaliados a altura, diâmetro de colo, relação H/D,

peso de matéria fresca e seca das partes aérea, radicial e total, percentual de redução de peso de matéria fresca a seca, também referentes a estas partes. Os autores concluíram que a participação do bagaço de cana deve ser limitada até 60%, já o xaxim, 30 a 35% e o "sphagnum", 10 a 15%. A sobrevivência, seis meses após o plantio, variou entre 95 e 100%.

2.5 DEFORMAÇÕES RADICIAIS E DESEMPENHO DAS MUDAS NO CAMPO

A ocorrência das deformações radiciais, oriundas de técnicas de viveiro ou mesmo de plantio, é considerada comum em povoamentos e sua intensidade depende da espécie, sítio e da forma da raiz no ato de plantio (WALTERS, 1978).

As deformações radiciais constituem em alterações de forma ou direção, sofridas por uma raiz em decorrência de um plantio realizado de forma inadequada, ou ainda, sua constrição no interior de um determinado recipiente, diferentemente da forma típica de crescimento do sistema radicial oriundo de mudas produzidas em grandes volumes de substrato ou meio de crescimento facilmente transponível pelas raízes (SUTTON e TINUS, 1983).

NAPIER (1983), também relatou sobre os efeitos prejudiciais que as deformações radiciais provocam sobre a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas após o plantio.

Os cuidados para evitar as deformações radiciais devem ser tomados ainda no viveiro, procurando sempre ajustar as técnicas que produzem sistemas radiciais fibrosos, bom desenvolvimento micorrízico, adequado manejo, transporte e plantio das mudas no campo.

Segundo CARNEIRO (1995), estas deformações são provocadas pela forma dos recipientes, paredes, material de constituição ou ainda, pelo seu volume, em combinação com o período de rotação das mudas no viveiro. Este autor ressaltou que estas deformações são irreversíveis e portanto, não há com o passar do tempo, uma recuperação. Ao contrário, elas

se agravam, prejudicando o desenvolvimento das árvores na sua fase juvenil. Os tipos de deformações são: a) dobra de raízes - resultantes do encontro das raízes laterais com as paredes dos recipientes; b) estrangulamento - corresponde à sobreposição de raízes e c) espiralamento - é a forma de desenvolvimento das raízes laterais, circundando o interior dos recipientes.

Ainda segundo este autor, estas anomalias podem ser perceptíveis na fase de viveiro em relação às raízes maiores e mais espessas. No campo, estes sintomas agravam-se na medida em que há o espessamento das raízes finas. Com o decorrer do tempo após o plantio, estas deformações vão dificultando a assimilação da solução nutritiva do solo, com decorrente diminuição do ritmo de crescimento das árvores.

HARRINGTON *et al.* (1989) avaliaram diferenças na arquitetura dos sistemas radiciais em povoamentos de *Pinus taeda* e *P. echinata*, implantados através de semeadura direta e plantio de mudas em sítios de condições parecidas. A maior quantidade de raízes laterais de primeira ordem, foi verificada nas árvores originadas de semeadura direta, em relação àquelas provenientes do plantio. Os autores concluíram que a distribuição do sistema radicial das mudas produzidas em viveiros, deve ser o mais semelhante possível à das mudas originadas por meio da semeadura direta. Todavia, esta condição só é possível quando o método de produção de mudas não envolva o uso de recipientes ou que estes permitam o desenvolvimento do sistema radicial, livre de deformações.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido em três etapas distintas. A primeira constou da produção das mudas no viveiro da RIGESA-PAPEL, CELULOSE E EMBALAGENS LTDA, situada na região de Três Barras-SC. As sementes da espécie em estudo, *Pinus taeda* (safra de 1994), foram coletadas em árvores geneticamente melhoradas pela empresa mencionada.

A segunda etapa teve como finalidade, a avaliação do Potencial de Regeneração de Raízes (P.R.R.) e foi desenvolvida no Laboratório de Sementes do Departamento de Silvicultura e Manejo Florestal e na casa de vegetação do Departamento de Solos, ambos do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba.

A terceira etapa consistiu no plantio das mudas no campo, com a finalidade de observar o índice mensal de sobrevivência, o crescimento inicial em altura e diâmetro (nível do solo) no período de dois anos de idade e, também, a distribuição do sistema radicular dezoito meses após o plantio. Esta etapa também foi executada em área da RIGESA.

A região em que foi conduzida a produção de mudas e o experimento de campo situa-se à latitude de 26°07'S e longitude 50°19'W. A altitude é de 775 m sobre o nível do mar. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfb, sendo a temperatura média do mês mais quente, inferior a 22°C e a do mês mais frio, superior a 10°C, ocorrendo mais de 10 geadas por ano. A precipitação média anual é de 1.434 mm. O local onde foi efetuado o plantio das mudas é ligeiramente inclinado, com exposição sul, cujo solo é do tipo latossolo vermelho escuro, sem afloramentos rochosos.

3.1 RECIPIENTES UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DAS MUDAS

3.1.1 Sistema de blocos prensados

Os blocos prensados usados neste trabalho, constituídos de turfa seca e devidamente adubados no ato de sua fabricação, foram produzidos pela Empresa finlandesa VAPO OY. e apresentavam duas espessuras, 2 e 3 cm, expandindo para 7 e 10 cm, respectivamente, quando submetidos às regas normais. Cada bloco continha 96 orifícios de aproximadamente 2 mm de profundidade, nos quais foram colocadas as sementes, possibilitando assim a produção de 96 mudas, espaçadas de 5 cm. Os blocos foram postos em caixas de material plástico rígido com dimensões de 60 x 40 cm, com alturas iguais à espessura do material após sua expansão e providos lateralmente de frestas (Figura 1). Os fundos das caixas eram telados, visando promover a poda natural das raízes pivotantes. Estes blocos, tão logo as mudas alcancem o desenvolvimento ideal para o plantio, foram serrados em sentidos transversal e longitudinal, podando-se assim as raízes laterais e individualizando as mudas em torrões. Cada torrão comportava uma muda e desprendia-se do bloco, puxando a própria muda no sentido vertical.

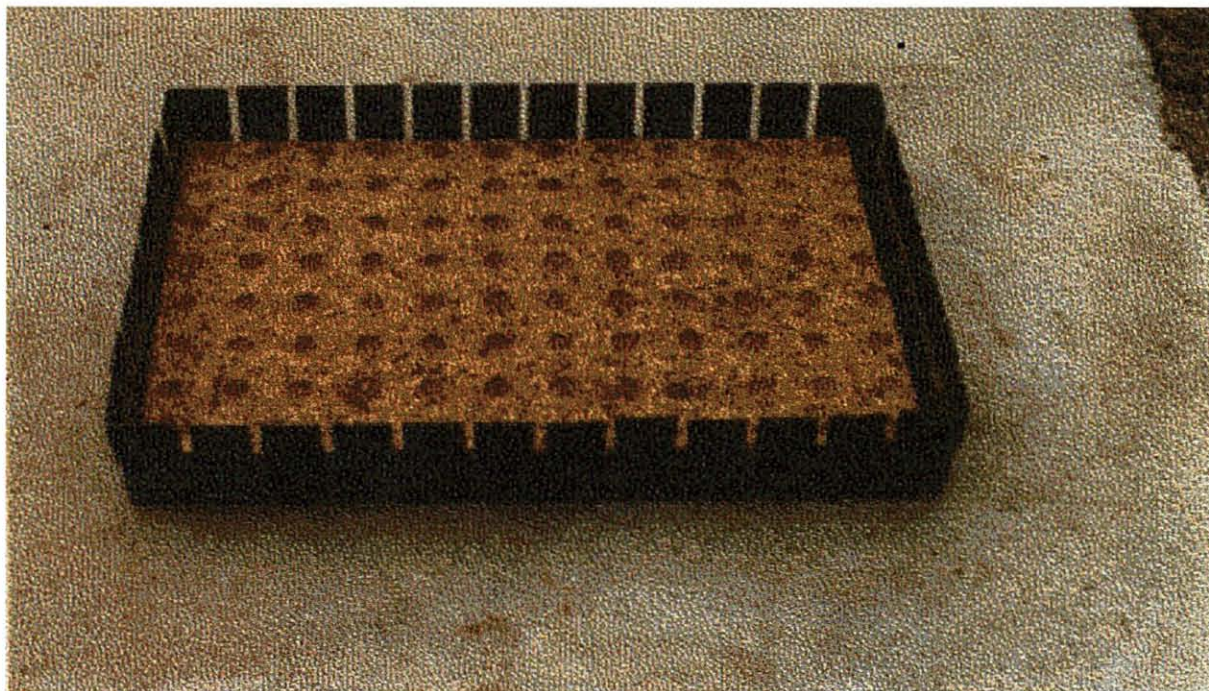


FIGURA 1 - BLOCO PRENSADO DE TURFA, DENTRO DA BANDEJA DE PLÁSTICO RÍGIDO, ANTES DA SEMEADURA E DAS REGAS. AS FILEIRAS DAS MUDAS SITUAM-SE ENTRE AS FRESTAS DA CAIXA

3.1.2 Tubetes

No presente estudo, o tubete utilizado foi o modelo cônico, com secção circular contendo quatro frisos internos longitudinais e eqüidistantes, com dimensões de 12,5 cm de altura, 3 cm de diâmetro na parte interna superior e apresentando o fundo aberto de aproximadamente 1 cm, com 60 cm³ de capacidade volumétrica de substrato.

3.2 SUBSTRATOS

3.2.1 Canteiro em raiz nua

O substrato utilizado correspondeu ao próprio solo do viveiro, preparado através das operações de aração, gradagem, emprego de enxada rotativa, calagem e aplicação de adubação mineral e orgânica. Os valores médios referentes as análises de solo desse viveiro constam na Tabela 1.

TABELA 1 - NÍVEIS DE FERTILIDADE DO SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Pinus taeda*, EM RAIZ NUA

p H (CaCl ₂)	Al	H+Al (meq/100 cc)	Ca+Mg cc)	K	T	P ppm	C %	m %	V %
4,20	2,50	13,00	4,40	0,26	17,70	22,0	4,80	34,90	26,40

T (Capacidade de troca catiônica)

m (Valores de saturação em AL⁺⁺⁺)

V (Valores de saturação em bases)

3.2.2 Composto orgânico

O substrato para enchimento dos recipientes correspondeu a uma mistura de matéria orgânica humificada, à base de turfa e adubação mineral, fabricado pela Turfal Ind. e Com. de Produtos Biológicos e Agronômicos Ltda, indústria localizada em Curitiba-PR. Os valores médios, em percentagem, referentes à análise química desse substrato, encontram-se na Tabela 2.

TABELA 2 - NÍVEIS DE FERTILIDADE EM PERCENTAGENS, DO COMPOSTO ORGÂNICO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Pinus taeda*

pH (CaCl ₂)	N (total) (%)	P (%)	K (%)	Matéria Orgânica (%)
5,9	0,90	2,66	0,32	36,0

3.2.3 Solução hidropônica

Este meio consistiu de uma solução nutritiva completa, contendo todos os elementos minerais essenciais, com pH igual a 5,6 para o conteúdo de solução inicial e 5,4 na ocasião de sua renovação. A composição da solução hidropônica, segundo MACHLIS e TORREY¹ (1956), citados por KAUFMAN *et al.* (1975), ajustada para a espécie em estudo, consta na Tabela 3. Esta solução (1M) recebeu as alíquotas especificadas das soluções estoques.

TABELA 3 - COMPOSIÇÃO DA SOLUÇÃO HIDROPÔNICA E CONCENTRAÇÕES DOS MACRONUTRIENTES, VISANDO O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA RADICAL DE MUDAS DE *Pinus taeda*

Substância em solução 1M	Alíquota em 1000 ml	Concentração na solução dos macronutrientes (mmol)	
Ca(NO ₃) ₂	5 ml	Nitrogênio	15
KNO ₃	5 ml	Fósforo	1
MgSO ₄ . 7H ₂ O	2 ml	Potássio	6
KH ₂ PO ₄	1 ml	Cálcio	5
Micro*	1 ml	Magnésio	2
FeEDTA**	1 ml	Enxofre	2

*2,86g H₃BO₃; 1,81g MnCl₂ . 4H₂O; 0,11g ZnCl₂; 0,05g CuCl₂ . 2H₂O e 0,025g Na₂MoO₄ . 2H₂O

** 5,57g de FeSO₄ . 7H₂O e 7,45g de Na₂EDTA

¹MACHLIS, L.; TORREY, J. G. *A Laboratory manual of plant physiology*. California, W. H. Freeman and Company, 1956. 398 p.

3.3 TRATAMENTOS E PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS

Com o objetivo de avaliar o comportamento das mudas, sob o ponto de vista morfofisiológico e o seu desempenho no campo, foram considerados cinco tratamentos, envolvendo três sistemas de produção de mudas: blocos prensados, raiz nua (adotando-se o mesmo processo de produção empregado pela empresa) e tubete, com duas densidades de mudas:

Tratamento 1 - Bloco 10 (Sistema de blocos prensados com 10 cm de espessura, após expansão);

Tratamento 2 - Bloco 7 (Sistema de blocos prensados com 7 cm de espessura, após expansão);

Tratamento 3 - Raiz nua;

Tratamento 4 - Tubete com menor densidade (48 mudas/bandeja);

Tratamento 5 - Tubete com maior densidade (96 mudas/bandeja).

O tratamento 4 constou da distribuição uniforme das mudas em cada bandeja, deixando-se uma célula correspondente à posição de um tubete entre elas, obtendo-se uma densidade de 48 mudas (D48). Para o tratamento 5, distribuíram-se os tubetes em todas as células, obtendo-se uma densidade de 96 mudas (D96).

A etapa relativa à produção das mudas foi instalada, obedecendo-se um delineamento experimental inteiramente ao acaso, com 5 tratamentos e 6 repetições. Cada parcela de 1 m², correspondente ao tratamento em raiz nua apresentou uma densidade média de 240 mudas. Para todos os outros tratamentos, cada parcela consistiu de 384 mudas distribuídas em quatro bandejas referentes aos tratamentos 1, 2 e 5 e em oito bandejas para o tratamento 4.

Na etapa referente à determinação do P.R.R., em cada um dos três tipos de recipientes, aquários, caixas e tubos foram utilizadas 80 mudas por teste, distribuídas em 5 tratamentos e 4 repetições para cada um dos dois primeiros tipos citados e 5 tratamentos e 16 repetições para o terceiro tipo. Para os teste em tubos, cada um deles, contendo uma muda, foi considerado como uma unidade experimental. Portanto, as 16 repetições de cada tratamento desse teste, totalizaram 16 mudas. conseqüentemente, os cinco tratamentos continham também 80 mudas. Para a realização dos três testes as mudas foram retiradas de forma sistemática do viveiro e, posteriormente, por sorteio, foram selecionadas as 16 mudas que constituíram cada tratamento. O delineamento experimental usado foi inteiramente casualizado.

Para todos os resultados obtidos, as médias foram comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 95% de probabilidade. As análises de correlações foram feitas ao nível de confiabilidade de 95%. Ressalta-se que, em função da homogeneidade das condições ambientais no local de produção das mudas e levando-se em conta que os tratamentos distribuíram-se em diferentes tipos de recipientes, a análise estatística foi feita considerando este experimento como inteiramente casualizado. Foram feitas ainda, para os testes de laboratório e casa de vegetação, análises de contrastes ortogonais, visando a comparação das médias referentes aos grupos de tratamentos.

Na terceira etapa, para avaliação do desempenho das mudas no campo em função do tempo de medições, foram feitas análises de regressão, usando a técnica dos polinômios ortogonais.

Com o objetivo de atender às precondições da análise de variância, visando a aplicação de testes de significância, foram feitas transformações de dados, segundo

ALMEIDA² (1996) (informação pessoal), das seguintes variáveis: altura da parte aérea ($1/\log y$), diâmetro de colo ($\log y$), peso de matéria fresca da parte aérea ($\log y$), peso de matéria fresca total ($\log y$), peso de matéria seca da parte aérea ($\ln y$), peso de matéria seca total ($\log y$), número total de raízes novas em aquários > 1 (\sqrt{y}), comprimento total de raízes novas em aquários (\sqrt{y}) e comprimento total de raízes novas em caixas (\sqrt{y}).

Para a etapa de campo foi adotado o mesmo número de repetições do delineamento experimental utilizado na etapa de viveiro, porém com 30 mudas por parcela, perfazendo um total de 900 mudas, espaçadas de 3,0 x 2,5 m. Cada parcela tinha forma retangular com 18,0 x 12,5 m.

3.4 INSTALAÇÃO DA ETAPA DE VIVEIRO E AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS MORFOLÓGICOS

Para a instalação dessa etapa, as bandejas de isopor com os tubetes e as de plástico rígido com os blocos prensados de turfa seca foram colocadas sobre um suporte de madeira a uma altura de 0,5 m do nível do solo. A semeadura foi feita manualmente, para todo o experimento, em 28 de outubro de 1995, colocando-se três sementes em cada recipiente e no local específico de cada bloco prensado de turfa seca, com profundidade de semeadura em torno de 0,5 cm. Em seguida, como cobertura morta, foi espalhada uma camada de acículas secas picadas de pinus, com uma espessura de 1 cm. Após este processo cobriu-se totalmente o experimento com sombrite 50% de sombreamento por um período de 40 dias, exceto para as parcelas correspondentes ao tratamento 3 (Raiz nua), visando sua proteção contra pássaros

²ALMEIDA, C. F. P. Prof. da Universidade Federal do Paraná (Estatística, delineamentos experimentais). Curitiba, UFPR, 1996. (Informação pessoal)

predadores de sementes. O raleamento foi efetuado aos 40 dias após a semeadura, quando as plântulas apresentavam aproximadamente 5 cm de altura, deixando apenas aquela bem formada e mais central em cada recipiente e local de semeadura no bloco prensado. As regas foram efetuadas diariamente em todo o experimento. Para o tratamento referente às mudas em raiz nua foram escolhidos, de forma aleatória, seis canteiros ao longo do viveiro da empresa e selecionadas também aleatoriamente as seis parcelas.

As mudas foram avaliadas no viveiro aos seis meses de idade. Para tanto, foram retiradas de forma sistemática para as devidas medições e/ou pesagens. As amostras foram constituídas por 20 mudas por parcela em cada tratamento, visando a determinação dos parâmetros:

- a) Altura da parte aérea (H);
- b) Diâmetro de colo (D);
- c) Relação H/D;
- d) Peso de matéria seca da parte aérea;
- e) Peso de matéria fresca do sistema radicial;
- f) Peso de matéria fresca total;
- g) Peso de matéria seca da parte aérea;
- g) Peso de matéria seca do sistema radicial;
- h) Peso de matéria seca total.

Para a determinação dos parâmetros morfológicos efetuou-se uma lavagem no sistema radicial das mudas, visando a separação de todos os resíduos de substrato das raízes. Após este processo as mudas foram postas sobre folhas de jornal em mesas no laboratório por um período de 24 horas, a partir do qual, foram feitas as medições de altura da parte aérea e diâmetro de colo, utilizando-se régua graduada e paquímetro eletrônico. Posteriormente,

procedeu-se a separação entre a haste e o sistema radicial. Para a determinação da média de cada repetição, correspondente à relação H/D, optou-se por efetuar a divisão entre estes dois parâmetros, muda por muda. Usou-se o mesmo critério para as determinações de pesos fresco e seco da parte aérea, de raízes e total. Foram preparadas para a secagem das mudas, duas embalagens de papel, uma contendo a parte aérea e outra o sistema radicial, que após etiquetadas, foram colocadas em estufa previamente aquecida a 75°C, conforme orientações de SCHUURMAN e GOEDEWAAGEN³ (1971), citados por BÖHM (1979). As embalagens foram abertas para facilitar a perda de umidade e o material permaneceu na estufa por um período de 24 horas, quando atingiu peso constante. Após o esfriamento do material em dessecador com sílica-gel, foram feitas as pesagens utilizando-se balança digital.

3.5 PREPARO DAS MUDAS E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REGENERAÇÃO DE RAÍZES

Antes da instalação dos testes, no laboratório e casa de vegetação, as mudas, após sua extração, foram submetidas a uma lavagem cuidadosa e à poda do sistema radicial secundário a uma distância de 4 cm do eixo da raiz pivotante, também podada a uma distância de 15 cm do colo. A avaliação do P.R.R constou da determinação dos seguintes parâmetros:

- a) Número total de raízes novas em aquários;
- b) Número total de raízes novas > 1 cm em aquários;
- c) Comprimento total de raízes em aquários e caixas;
- d) Número total e distribuição de extremidades de raízes visíveis nas paredes dos tubos.

³SCHUURMAN, J. I.; GOEDEWAAGEN, M. A. J. Methods for the examination of root systems and roots. Wageningen, 2ed. Pudoc. 1971.

3.5.1 Teste em aquário

Este teste foi instalado no Laboratório de Sementes do Departamento de Silvicultura e Manejo da UFPR, em 10 de maio de 1995. Os aquários usados para a avaliação do comprimento de raízes (Figura 2) tinham dimensões de 28 cm de comprimento, 22 cm de largura e 25 cm de altura. Os vidros tinham 2 mm de espessura e a capacidade de volume de solução, para cada aquário, foi de 15,4 litros. Em duas das 4 paredes internas desses recipientes, 1 cm abaixo da borda, foram colados dois frisos em alto relevo, com 1 cm de largura, possibilitando o apoio da tampa, confeccionada de isopor, apresentando oito cortes transversais ao comprimento, quatro em cada lado, através dos quais, foram inseridas as mudas, à altura dos seus colos.



FIGURA 2 - PARTE DO EXPERIMENTO INSTALADO EM AQUÁRIOS VISANDO A DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE REGENERAÇÃO DE RAÍZES

A solução nutritiva de cada aquário foi preparada com água deionizada e renovada após 15 dias. Instalou-se, posteriormente, uma bomba de ar conectada a cinco mangueiras, uma para cada aquário, visando a manutenção da oxigenação da solução até o final do experimento. As mudas foram cuidadosamente inseridas no interior dos cortes transversais feitos nas tampas de isopor, à altura do colo, distribuindo-as em quatro fileiras de mudas correspondentes às quatro repetições. Posteriormente, as tampas com as mudas foram colocadas dentro dos aquários já com a solução nutritiva. Após a identificação dos tratamentos, os aquários foram envolvidos totalmente com lona plástica de cor preta, para evitar a incidência de luz. 22 dias após o transplântio das mudas para os aquários (antes que as raízes atingissem as paredes destes recipientes), três mudas por parcela foram retiradas, através de sorteio, para avaliação do P.R.R. Imediatamente após esta retirada, as raízes regeneradas foram cortadas à altura do ponto de poda e colocadas individualmente sobre um plástico transparente, contendo sob o mesmo, uma folha de papel milimetrado onde, com o auxílio de uma pinça, as raízes foram quantificadas, estendidas e seus comprimentos lidos no papel milimetrado. Através desse método foi avaliado o número total de novas raízes regeneradas e seus respectivos comprimentos acima de 1 cm.

3.5.2 Teste em caixas

Este teste foi instalado no mesmo laboratório, em 11 de maio de 1995. As caixas usadas como recipientes para avaliação do comprimento de raízes (Figura 3) apresentaram dimensões de 55 cm de comprimento, 30 cm de altura, 7 cm de largura e 11,55 litros de capacidade de volume de substrato. Os fundos e as paredes laterais mais estreitas das caixas, foram feitos de madeira, provida de ranhuras internas por onde se encaixaram os vidros, com

espessura de 2 mm. Na parede frontal da parte inferior de inclinação foram efetuadas as leituras do comprimento de raízes, em intervalos de 7 dias, aproximadamente.



FIGURA 3 - PARTE DO EXPERIMENTO INSTALADO EM CAIXAS, INCLINADAS EM ÂNGULO DE 30° PARA FACILITAR AS OBSERVAÇÕES DO COMPRIMENTO DAS RAÍZES

Utilizou-se um total de 20 caixas, quatro para cada um dos cinco tratamentos, sendo as quatro mudas de cada repetição espaçadas em 12 cm. Após o preparo das mudas, seguindo o mesmo procedimento adotado para o experimento em aquário, com o sistema radicial devidamente podado, foram transplantadas nos respectivos recipientes, utilizando-se como substrato, o composto orgânico anteriormente descrito (seção 3.2.2). Em seguida, as caixas foram colocadas sobre o balcão do laboratório e inclinadas a um ângulo de 30° e revestidas por lona plástica de cor preta para evitar a incidência de luz. As regas foram realizadas diariamente, de forma homogênea em todos os tratamentos.

Para este teste as leituras do comprimento de raízes foram efetuadas semanalmente, finalizando após 90 dias, quando as primeiras raízes alcançaram a parte do fundo dos

recipientes. Para a realização dessas leituras cada caixa foi retirada de sua posição original e recolocada na vertical, sobre uma mesa onde, com o auxílio de uma régua graduada, foi medido o comprimento das raízes visíveis, ao longo da parede do vidro. Após as leituras semanais, o desenho das raízes foi feito em um filme plástico transparente reticulado, com malhas de 1 cm, colocado sobre a face inferior da inclinação. Ao final do experimento e após as 13 leituras efetuadas, foram somados todos os valores correspondentes aos comprimentos de raízes de cada planta.

3.5.3 Teste em tubos

Para a avaliação do número e distribuição de raízes, foram usadas garrafas plásticas transparentes de refrigerantes (2 l) que, após a remoção dos gargalos, tomaram a forma de tubos com dimensões de 25 cm de altura e 31 cm de circunferência, com capacidade de volume de substrato de 1,9 l. Com a finalidade de avaliar a distribuição radicial, foram feitas ainda, quatro ranhuras longitudinais nas paredes, dividindo-os em quadrantes. Foram feitos alguns furos no fundo de cada recipiente, para facilitar a drenagem do excesso da água.

Foi escolhido o local mais central, da casa de vegetação em função da maior homogeneidade de luz e temperatura. Cada tubo foi preenchido com o substrato utilizado no teste anterior. As mudas foram preparadas usando-se os mesmos procedimentos adotados para os testes anteriores, e transplantadas uma em cada recipiente. Em seguida, os tubos foram dispostos, obedecendo a trajetória diária do sol, com os primeiro e segundo quadrantes voltados para o leste e os terceiro e quarto quadrantes voltados para o oeste. Utilizando o mesmo procedimento para os recipientes anteriores, estes foram revestidos com lona plástica

de cor preta para proteger da luz. As regas foram feitas diariamente de forma homogênea em todos os tratamentos.

Este método de avaliação, objetivando estudar a distribuição espacial do sistema radicial das mudas, baseou-se na contagem do número de extremidades de raízes regeneradas, visíveis nos quatro quadrantes das paredes dos recipientes. As contagens foram efetuadas a cada três dias e o período de duração do teste correspondeu a três meses. O procedimento adotado constou da marcação, através de um pincel atômico, de pontos nas paredes transparentes dos recipientes, exatamente nos locais tocados pelas extremidades das raízes novas regeneradas. As médias do número total de raízes regeneradas de cada tratamento e por quadrante, corresponderam às medições referentes às 16 repetições.

Ao final deste teste, avaliou-se a distribuição vertical do sistema radicial através da contagem do número de extremidades de raízes regeneradas presentes nas porções superior e inferior de cada um desses recipientes. Tendo em vista as condições de operacionalidade, os 16 tubos de cada tratamento foram subdivididos, aleatoriamente, em grupos de quatro, selecionando-se posteriormente, um por grupo, tendo-se como critério de escolha, a média do número de extremidades de raízes regeneradas visíveis nas paredes dos quatro recipientes. Cada tubo selecionado (quatro por tratamento) foi envolvido com uma folha de plástico transparente visando o mapeamento da distribuição das extremidades de raízes regeneradas.

3.6 INSTALAÇÃO DA ETAPA DE CAMPO

Esta etapa foi instalada na área de plantio comercial, em maio de 1995, após os procedimentos normais de preparo do solo adotados pela empresa. As mudas destinadas ao plantio foram retiradas utilizando-se o mesmo critério anteriormente descrito, de cada parcela

de todos os tratamentos. Não foram retiradas mudas das bordaduras. No campo, o plantio foi efetuado manualmente. As mudas produzidas em blocos prensados foram individualizadas, através do corte dos blocos de turfa com uma serra manual, 10 dias antes do plantio, período que permitiu a regeneração das raízes podadas, ainda no viveiro. O espaçamento de plantio seguiu o mesmo adotado na região, 3,0 x 2,5 m, com 7,5 m²/muda. A área de cada parcela foi de 225 m² e a área total do experimento de 6.750 m². Optou-se por não efetuar, em sua totalidade, os tratos de manutenção da área em estudo, visando submeter as mudas a condições adversas da concorrência de ervas invasoras. Todavia, em duas épocas de avaliação foram efetuadas capinas, em novembro de 1996 e maio de 1997, entre linhas, visando facilitar a coleta de dados.

3.7 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DAS MUDAS NO CAMPO E DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICAL

Foram avaliados no campo a sobrevivência e o crescimento em altura e diâmetro. A determinação da percentagem de sobrevivência foi feita a cada 30 dias, durante cinco meses, desconsiderando-se as perdas causadas por ataque de formigas. Ao final de cada período de seis meses e durante dois anos foi efetuada uma avaliação do desempenho das mudas no campo, por meio das medições da altura da parte aérea e do diâmetro a 5 cm acima do nível do solo, utilizando-se vara graduada e paquímetro digital, respectivamente.

Aos 18 meses de idade, com a finalidade de estudar a distribuição e deformações do sistema radicular, foram selecionadas e retiradas do campo, duas mudas por tratamento, cujo critério de escolha, recaiu sobre aquelas que apresentaram alturas e diâmetros dentro de um limite compreendido de +1/3 a -1/3 dos seus respectivos desvios padrões. Cada planta foi

marcada, através de uma pequena incisão voltada para o norte, na altura do colo, objetivando servir de orientação para as avaliações a serem feitas das seguintes características radiciais: dobras, espiralamento, estrangulamento, comprimento e profundidade (cm) da raiz pivotante, classe de diâmetros e número de raízes laterais e coeficientes de deformações radiciais (número de deformações radiciais/número de raízes laterais). Para a retirada de cada planta utilizou-se uma pá, escavando-se um círculo de 60 cm de diâmetro. Posteriormente foi aberta uma vala com 40 cm de profundidade para facilitar o desprendimento do torrão intacto, contendo todo o sistema radicial da planta. O torrão foi cuidadosamente desfeito, as raízes submetidas a um processo de limpeza no próprio local e as mudas trazidas para o laboratório onde foram feitas as avaliações.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 FASE DE VIVEIRO

4.1.1 Altura da parte aérea, diâmetro de colo e relação H/D

A avaliação do desenvolvimento das mudas foi feito seis meses após a semeadura. No Anexo A (Tabelas 1A, 2A e 3A), são apresentadas as análises de variância dos dados dos parâmetros mencionados, observando-se diferenças significativas entre os tratamentos em todas elas.

As médias das avaliações das alturas da parte aérea (Tabela 4), pelo teste de Duncan, mostram que o sistema de blocos prensados com 10 cm produziu mudas maiores, embora não tenha havido diferença estatística em relação à média obtida pelas mudas do sistema de raiz nua. RICHTER (1971), pesquisando mudas de *Pseudotsuga menziesii*, verificou que as mudas mais altas apresentaram maiores taxas de crescimento no campo. BACON *et al.* (1977) trabalhando com mudas de um ano de *Pinus elliottii*, recomendaram que a altura média das mudas deva situar-se entre 15 e 40 cm. Os blocos prensados com 7 cm produziram mudas de menores alturas em relação àquelas produzidas pelos blocos prensados com 10 cm e raiz nua, porém, superiores às produzidas em tubetes. Estes resultados são similares aos verificados por CARNEIRO (1995) que encontrou para mudas de *Pinus taeda*, produzidas em blocos prensados com 7 cm, maiores médias de altura da parte aérea, em relação às mudas produzidas em tubetes.

Quanto ao diâmetro de colo, a maior média (3,45 mm) também foi observada nas mudas produzidas no sistema de blocos prensados com 10 cm, diferindo significativamente das demais. As mudas produzidas em raiz nua apresentaram a segunda maior média e foi diferente significativamente daquelas oriundas dos blocos prensados com 7 cm. As menores médias foram verificadas para mudas produzidas em tubetes de maior e menor densidades, não sendo detectada diferença significativa entre ambos tratamentos. As mudas produzidas em blocos prensados apresentaram desenvolvimento em diâmetro de colo bastante superior em relação às produzidas em tubetes. CARNEIRO e PARVIAINEN (1988) também constataram que mudas de *Pinus taeda*, originadas do sistema de blocos prensados com 7 cm apresentaram maior diâmetro médio, quando comparadas às mudas produzidas em tubetes. Trabalhando com mudas dessa espécie, CARNEIRO (1995) também constatou maior diâmetro médio de mudas produzidas em blocos prensados com 7 cm, enquanto os tubetes produziram mudas de menores valores. Segundo SCHMIDT-VOGT e GÜRTH (1969), é clara a superioridade de mudas de diâmetros mais espessos quando comparada às de menores diâmetros. CARNEIRO (1976), em experimento com mudas de *Pinus taeda* em raiz nua, ressaltou a importância do diâmetro de colo, não recomendando o seu plantio com valores inferiores a 3,7 mm. SOUTH *et al.* (1993) constataram que o crescimento no campo de mudas de *Pinus taeda*, *P. radiata* e *Picea sitchensis* foi maior quando estas apresentaram maiores diâmetros de colo, independentemente do sítio e tratamentos.

Os dados da Tabela 4 também mostraram que houve diferença significativa entre as médias referentes a relação H/D para todos os tratamentos. As maiores médias foram obtidas em mudas produzidas em raiz nua e blocos prensados com 10 cm, valores que revelam, segundo CARNEIRO (1995), que as mudas deveriam apresentar diâmetros maiores para maior equilíbrio do desenvolvimento da parte aérea. Também, SCHMIDT-VOGT e GÜRTH

(1969), constataram que para maior crescimento em altura, as mudas devem apresentar compatível desenvolvimento em diâmetro. As mudas dos demais tratamentos, particularmente as dos blocos prensados com 7 cm e tubete D96, apresentaram médias menores desta relação, embora tenham apresentado valores de diâmetro muito pequenos, indicativos de mudas de qualidade inferior. Contudo, segundo CARNEIRO (1995), deve-se ressaltar que a grande desvantagem deste método, como elemento de classificação de qualidade, é a omissão de informações a respeito do sistema radicial, muito embora, um só parâmetro não expresse verdadeiramente a qualidade das mudas.

TABELA 4 - VALORES MÉDIOS DE ALTURA DA PARTE AÉREA, DIÂMETRO DE COLO E RELAÇÃO H/D DE MUDAS DE *Pinus taeda*, SEIS MESES APÓS A SEMEADURA

Tratamento	Altura da parte aérea (H) (cm)	Diâmetro de colo (D) (mm)	Relação H/D
Bloco 10	32,56 a	3,45 a	9,52 b
Raiz Nua	30,06 a	3,05 b	10,00 a
Bloco 7	22,07 b	2,60 c	8,55 c
Tubete D96	11,51 c	1,66 d	7,25 d
Tubete D48	10,60 d	1,61 d	6,11 e

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

4.1.2 Peso de matéria fresca

As análises de variância referentes aos dados de pesos de matéria fresca das partes aérea, radicial e total (Anexo B), também revelaram diferenças significativas entre os tratamentos. Verifica-se, na Tabela 5, que o teste de Duncan acusou diferença significativa entre as médias das mudas produzidas em blocos prensados com 10 cm, raiz nua e blocos

prensados com 7 cm. O primeiro dos tratamentos citados apresentou o maior peso de matéria fresca para os três parâmetros pesquisados, seguindo-se as mudas de raiz nua e as produzidas em blocos prensados com 7 cm. CARNEIRO e BRITO (1992), também encontraram maiores valores de peso de matéria fresca para os mesmos parâmetros pesquisados em mudas produzidas em raiz nua em relação às produzidas em blocos prensados com 7 cm. Para peso de matéria fresca de raiz, as mudas produzidas em blocos prensados com 7 cm e tubete D48 apresentaram médias que se equívalem significativamente. Para os pesos frescos das partes aérea e total, houve diferença significativa entre estes tratamentos. SCHMIDT-VOGT (1966), constatou que mudas da mesma espécie com maior peso de raízes apresentam maiores chances de sobrevivência no campo. As menores médias de peso de matéria fresca para os três parâmetros pesquisados foram observadas nas mudas produzidas em tubetes, não sendo evidenciada diferença significativa entre as duas densidades.

TABELA 5 - VALORES MÉDIOS DE PESO DE MATÉRIA FRESCA DAS PARTES AÉREA E RADICAL E PESO TOTAL DE MUDAS DE *Pinus taeda*, SEIS MESES APÓS A SEMEADURA

Tratamento	Peso de matéria fresca		
	Parte aérea (g)	Raiz (g)	Total (g)
Bloco 10	5,31 a	0,58 a	5,89 a
Raiz Nua	4,20 b	0,43 b	4,62 b
Bloco 7	2,41 c	0,32 c	2,73 c
Tubete D48	0,56 d	0,28 cd	0,84 d
Tubete D96	0,54 d	0,23 d	0,77 d

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

4.1.3 Peso de matéria seca

As análises de variância referentes aos dados de pesos de matéria seca das partes aérea, radicial e total (Anexo C), também revelaram diferenças significativas entre os tratamentos. Verifica-se, na Tabela 6, que o teste de Duncan não acusou diferença entre as médias das mudas produzidas em raiz nua e blocos prensados com 10 cm, para os três parâmetros em análise. Contudo, ressalta-se que parte das raízes das mudas produzidas nos blocos prensados foi eliminada através da poda do sistema radicial. As raízes das mudas produzidas no sistema de raiz nua também foram submetidas à uma poda, porém, de menor intensidade justificando-se assim, o seu maior peso. As médias de peso de matéria seca radicial das mudas produzidas nos sistemas de blocos prensados com 7 cm, tubetes de maior e menor densidades não apresentaram diferença significativa. Também nos de blocos com 7 cm, as raízes foram podadas, em contraposição com as dos tubetes, que não sofreram poda. Este efeito fica evidenciado na análise de peso de matéria seca das partes aérea e total dos blocos prensados com 7 cm, cujas médias, equivalentes à da raiz nua, diferiram significativamente dos tratamentos constituídos pelos tubetes. CARNEIRO e BRITO (1992) também encontraram maiores valores de peso de matéria seca para os mesmos parâmetros pesquisados em mudas produzidas em raiz nua em relação às produzidas em blocos prensados com 7 cm. O peso de matéria seca da parte aérea é uma boa indicação da capacidade de resistência das mudas (SCHMIDT-VOGT, 1966). Esta constatação foi confirmada também por CARNEIRO (1976).

TABELA 6 - VALORES MÉDIOS DE PESO DE MATÉRIA SECA DAS PARTES AÉREA E RADICAL E PESO TOTAL DE MUDAS DE *Pinus taeda*, SEIS MESES APÓS A SEMEADURA

Tratamento	Peso de matéria seca raiz (g)	Peso de matéria seca aéreo (g)	Peso de matéria seca total (g)
Bloco 10	0,23 a	1,87 a	2,10 a
Raiz Nua	0,25 a	1,65 ab	1,88 ab
Bloco 7	0,15 b	1,04 b	1,20 b
Tubete D96	0,15 b	0,25 c	0,41 c
Tubete D48	0,15 b	0,24 c	0,40 c

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem e entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

4.2 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REGENERAÇÃO DE RAIZ

4.2.1 Solução hidropônica

No Anexo D são apresentadas as análises de variância referentes aos dados das variáveis, número médio de raízes novas, número médio de raízes novas > 1 cm e comprimento médio de raízes novas, observando-se diferenças significativas entre os tratamentos.

a) Número médio de raízes novas

As médias referentes a este parâmetro, 21 dias após o transplântio para os aquários, encontram-se na Tabela 7. O maior número de raízes regeneradas foi apresentado pelas mudas produzidas em raiz nua, seguido das mudas em blocos prensados com 10 e 7 cm, não constatando-se pelo teste de Duncan, diferença significativa entre estes três tratamentos. Por outro lado, não foi encontrada diferença estatística entre as médias das mudas produzidas em

blocos prensados com 7 cm e tubetes de ambas as densidades. As mudas em tubetes apresentaram as menores médias. Visando a diferenciação de grupos de tratamentos, foi efetuada uma análise de contrastes ortogonais onde ficou evidenciado que o efeito do tratamento raiz nua, diferiu estatisticamente dos demais. Constatou-se, também que o grupo dos tratamentos de blocos prensados, diferiu significativamente do grupo dos tratamentos dos tubetes. Não houve diferença estatística entre os efeitos dos tratamentos de blocos prensados. Observa-se que as mudas produzidas nos sistemas de raiz nua e de blocos prensados, com maiores médias de P.R.R., apresentaram no campo maior crescimento inicial (seção 4.5.2). Médias altas de P.R.R. também foram encontradas por BRISSETTE e ROBERTS (1984), em mudas de *Pinus taeda* com maiores dimensões. Na avaliação do número de raízes novas em mudas de *Pinus taeda*, LARSEN e BOYER (1986) constataram valores mais altos de P.R.R. em mudas com maiores diâmetros e também com maior peso radicial.

TABELA 7 - VALORES MÉDIOS DO NÚMERO TOTAL DE RAÍZES NOVAS E ACIMA DE 1 cm DE MUDAS DE SEIS MESES DE *Pinus taeda* COM RAÍZES LATERAIS PODADAS, 22 DIAS APÓS TRANSPLANTIO EM SOLUÇÃO HIDROPÔNICA

Tratamento	Nº total	Nº1 (> 1,0 cm)
Raiz Nua	17,49 a	6,24 ab
Bloco 10	15,91 a	11,58 a
Bloco 7	12,49 a b	9,99 a
Tubete D48	6,33 b	2,33 bc
Tubete D96	5,33 b	0,83 c

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

b) Número médio de raízes novas acima de 1 cm

Verifica-se na Tabela 7 que as mudas produzidas nos blocos prensados com 10 e 7 cm e em raiz nua não apresentaram, pelo teste de Duncan, diferença significativa entre suas médias. Diferindo significativamente destes tratamentos, as mudas em raiz nua e as de tubetes com menor densidade, também não apresentaram diferença significativa de suas médias. O mesmo foi verificado para os dois tratamentos envolvendo os tubetes de maior e menor densidades. Pela análise de contrastes ortogonais, o grupo dos tratamentos constituídos por blocos prensados com 10 e 7 cm, diferiu significativamente do grupo dos tubetes. Todavia, estes não diferiram significativamente entre si. O tratamento raiz nua diferiu significativamente dos demais. O número de raízes regeneradas acima de 1 cm, em mudas de blocos prensados com 10 e 7 cm, correspondeu respectivamente a 72,78 e 79,98% do número total de extremidades regeneradas de suas raízes, enquanto apenas 35,68% foi verificado para as mudas produzidas em raiz nua. Neste sentido, o maior crescimento inicial (seção 4.5.2), verificado no campo, de mudas produzidas em blocos prensados demonstrou que o número de raízes regeneradas acima de 1 cm é um importante atributo fisiológico de crescimento de raízes, confiável na previsão do desempenho das mudas após o plantio.

c) Comprimento médio de raízes novas

Constatou-se pelo teste de Duncan, na Tabela 8, que não houve diferença significativa entre as médias das mudas produzidas nos blocos prensados. Diferindo destes tratamentos, as mudas em raiz nua e em tubetes de menor densidade foram equivalentes. Suas médias foram bastante inferiores às produzidas pelos blocos prensados. As médias dos tratamentos em

tubetes, em ambas as densidades, equívalem-se, diferindo-se de todas as demais. Suas médias foram as mais baixas de todos os tratamentos. A análise de contrastes ortogonais revelou que o grupo dos tratamentos de blocos prensados diferiu significativamente do grupo dos tubetes. Já o tratamento raiz nua diferiu dos demais. As mudas produzidas em tubetes apresentaram médias de comprimento de raízes regeneradas bastante inferiores, demonstrando um baixo P.R.R., correspondendo ao menor desempenho no campo. O maior crescimento inicial (seção 4.5.2) no campo, verificado para as mudas produzidas no sistema de blocos prensados, confirma as maiores médias obtidas de P.R.R. para extremidades de raízes regeneradas acima de 1 cm e comprimento de raiz, demonstrando assim, a importância desse parâmetro fisiológico na previsão do desempenho das mudas após o plantio. É provável que os blocos prensados constituem um meio favorável para a regeneração das raízes após sua poda ou para o crescimento inicial das mudas no campo, após o plantio. FERET e KREH (1985) pesquisando mudas de *Pinus taeda*, concluíram que um valor mínimo de 20 cm de alongamento de raiz para o P.R.R., pode ser necessário para que as mudas apresentem bom desempenho no campo.

TABELA 8 - VALORES MÉDIOS DO COMPRIMENTO DE RAÍZES NOVAS DE MUDAS DE SEIS MESES DE *Pinus taeda* COM RAÍZES LATERAIS PODADAS, 22 DIAS APÓS TRANSPLANTIO EM SOLUÇÃO HIDROPÔNICA

Tratamento	Comprimento (cm)
Bloco 7	41,72 a
Bloco 10	38,97 a
Raiz Nua	10,90 b
Tubete D48	5,08 b c
Tubete D96	1,44 c

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

4.2.2 Caixas

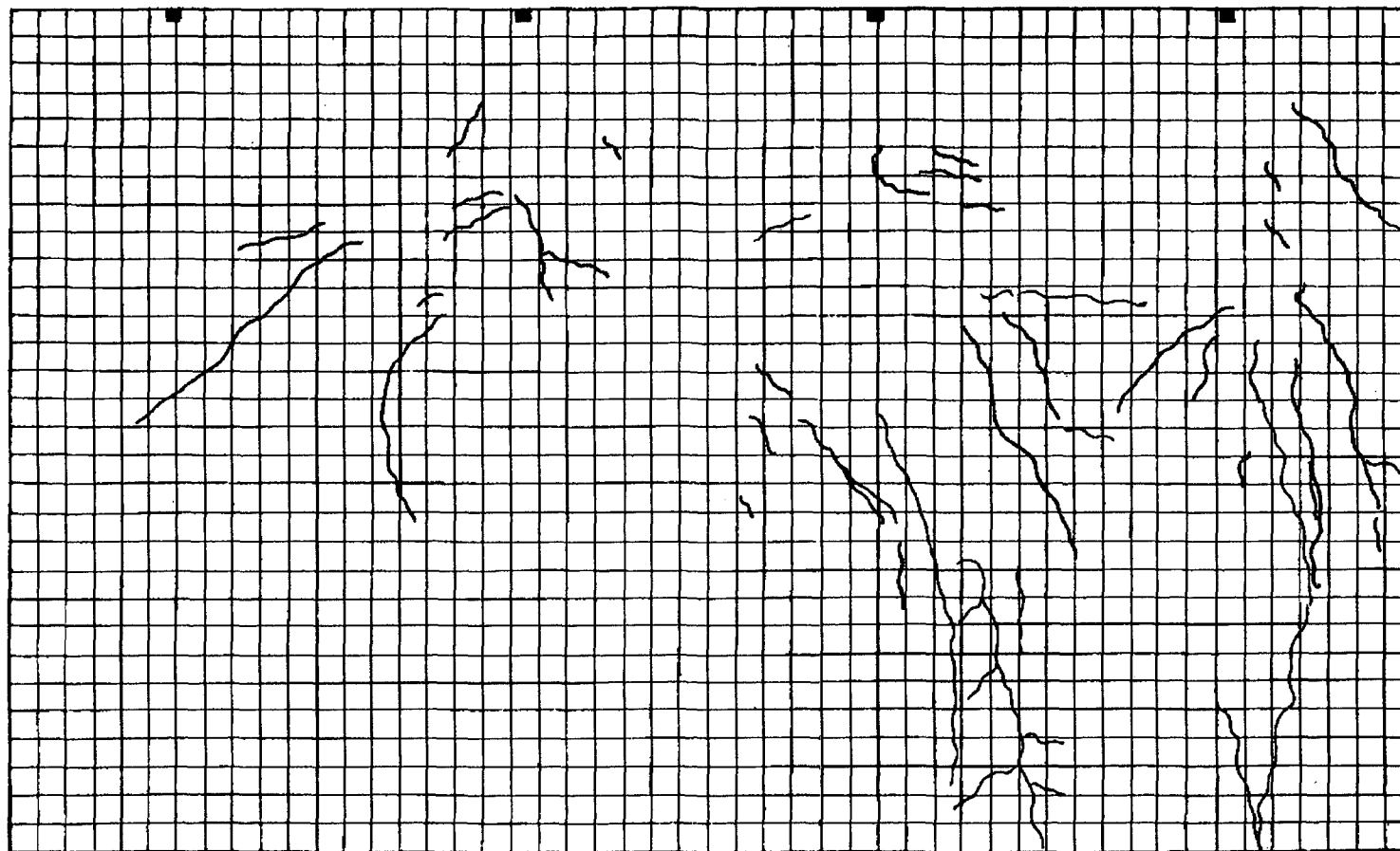
O P.R.R. também foi avaliado por meio do comprimento de raízes novas de mudas transplantadas em caixas. A análise estatística revelou diferença significativa entre os tratamentos (Anexo E) e as médias correspondentes encontram-se na Tabela 9. As mudas referentes ao sistema de blocos prensados com 10 cm apresentaram a maior média, vindo na sequência as mudas produzidas em raiz nua e de blocos prensados com 7 cm, não havendo entretanto, segundo o teste de Duncan, diferença significativa para estes três tratamentos. As menores médias corresponderam às mudas produzidas em tubetes, apresentando diferença significativa em relação aos demais tratamentos e também entre si. Pela análise de contrastes ortogonais, o tratamento Bloco 10 cm não diferiu significativamente do Bloco 7 cm, mas o conjunto desses tratamentos, diferiu dos tratamentos referentes aos tubetes. Os resultados deste teste foram similares aos verificados em solução hidropônica. Ressalta-se que, neste recipiente, foi usado como substrato, uma mistura de matéria orgânica humificada à base de turfa e adubação mineral, portanto, um meio de crescimento diferente daquele verificado no teste anterior. Portanto, as mudas que apresentaram maior capacidade de regeneração de suas raízes neste teste, também apresentaram no campo maior sobrevivência e crescimento inicial, demonstrando não só a importância deste parâmetro fisiológico na avaliação da qualidade das mudas, como também a confirmação desse teste na avaliação do P.R.R. As Figuras 4, 5, 6, 7 e 8 ilustram o comprimento médio das raízes de quatro mudas em caixas usadas neste teste.

TABELA 9 - VALORES MÉDIOS DO COMPRIMENTO DE RAÍZES NOVAS DE MUDAS DE SEIS MESES DE *Pinus taeda* COM RAÍZES LATERAIS PODADAS, 90 DIAS APÓS TRANSPLANTIO EM CAIXAS

Tratamento	Comprimento (cm)
Bloco 10	66,83 a
Raiz Nua	63,53 a
Bloco 7	52,52 a
Tubete D96	22,85 b
Tubete D48	6,94 c

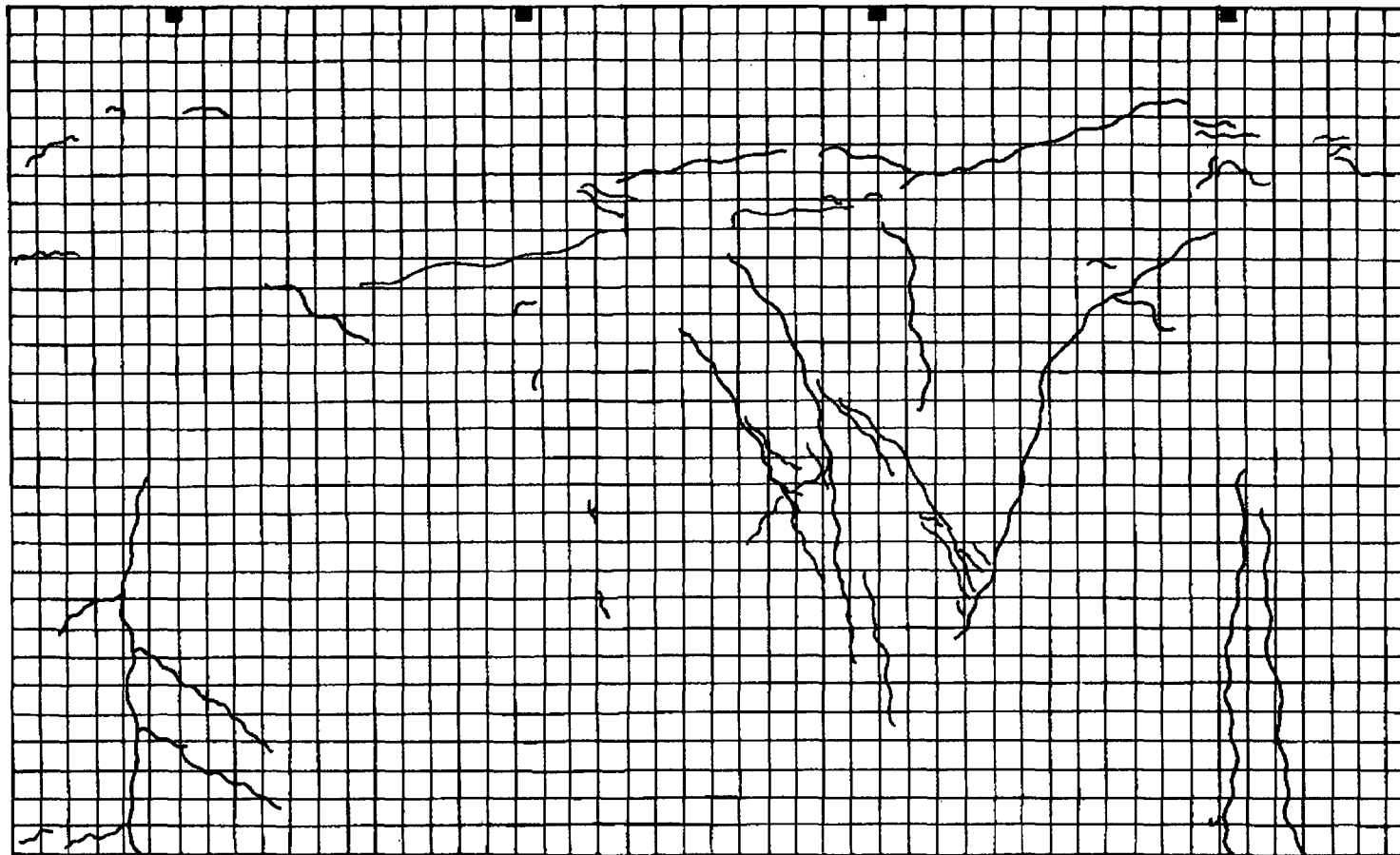
Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

FIGURA 4 - DESENVOLVIMENTO DE RAÍZES DE MUDAS DE SEIS MESES DE *Pinus taeda*, PRODUZIDAS NO SISTEMA DE BLOCOS PRENSADOS COM 10 cm E TRANSPLANTADAS, 90 DIAS APÓS PODA RADICIAL PARA CAIXAS



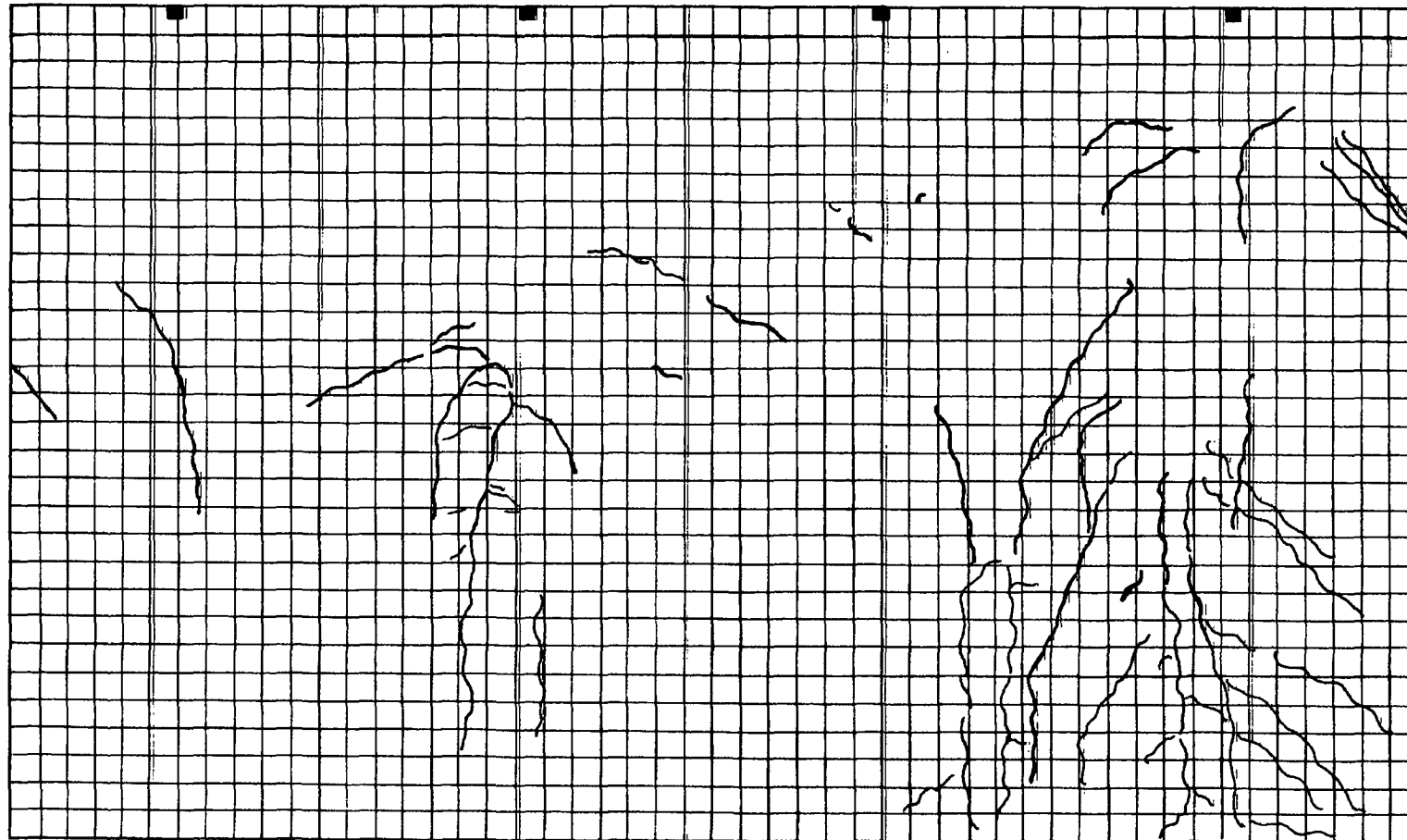
■ Posição do colo da muda após transplantadas para a caixa
□ 1 cm²

FIGURA 5 - DESENVOLVIMENTO DE RAÍZES DE MUDAS DE SEIS MESES DE *Pinus taeda*, PRODUZIDAS NO SISTEMA DE BLOCOS PRENSADOS COM 7 cm E TRANSPLANTADAS, 90 DIAS APÓS PODA RADICIAL PARA CAIXAS



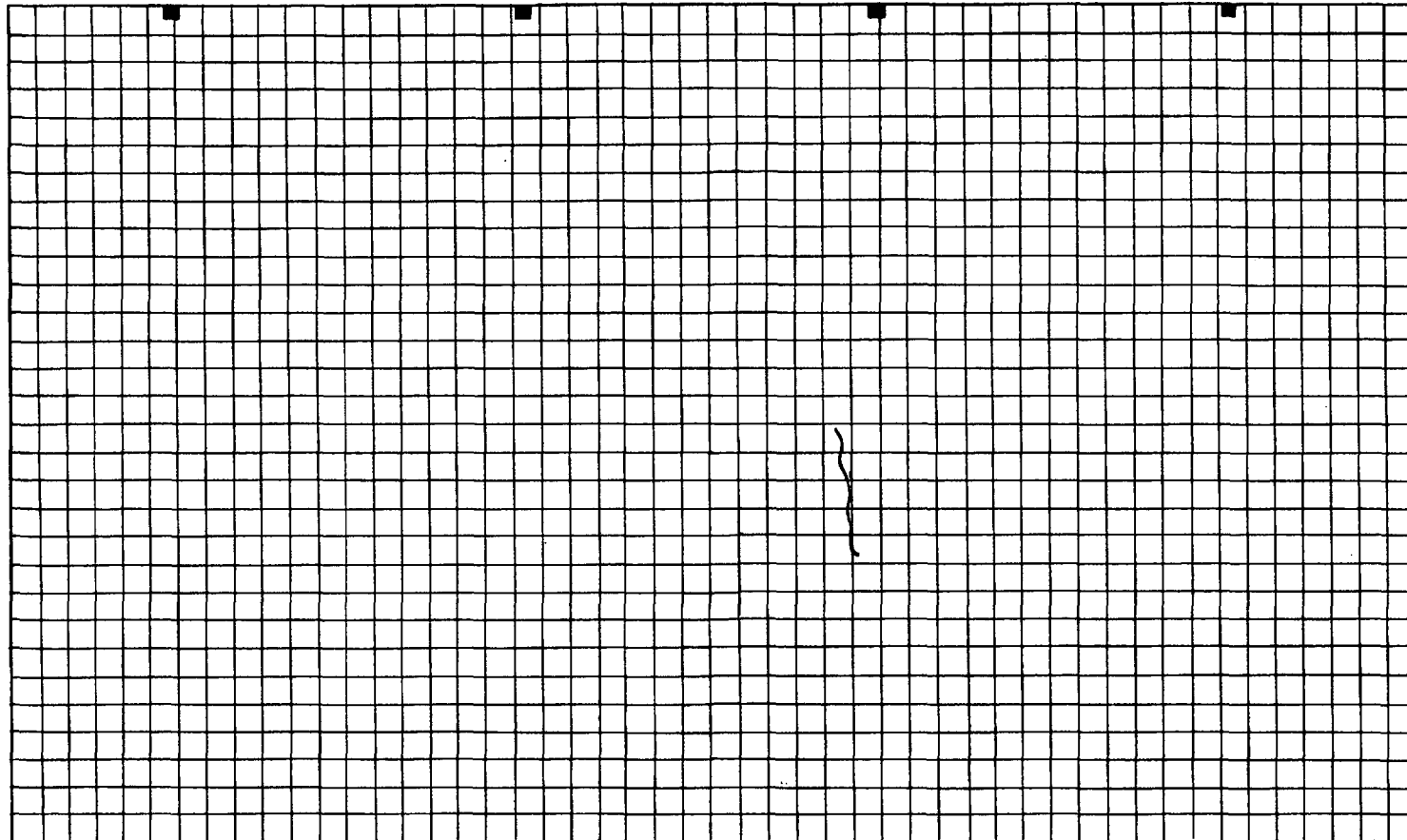
■ Posição do colo da muda após transplantadas para a caixa
□ 1 cm²

FIGURA 6 - DESENVOLVIMENTO DE RAÍZES DE MUDAS DE SEIS MESES DE *Pinus taeda*, PRODUZIDAS NO SISTEMA DE RAIZ NUA E TRANSPLANTADAS, 90 DIAS APÓS PODA RADICIAL PARA CAIXAS



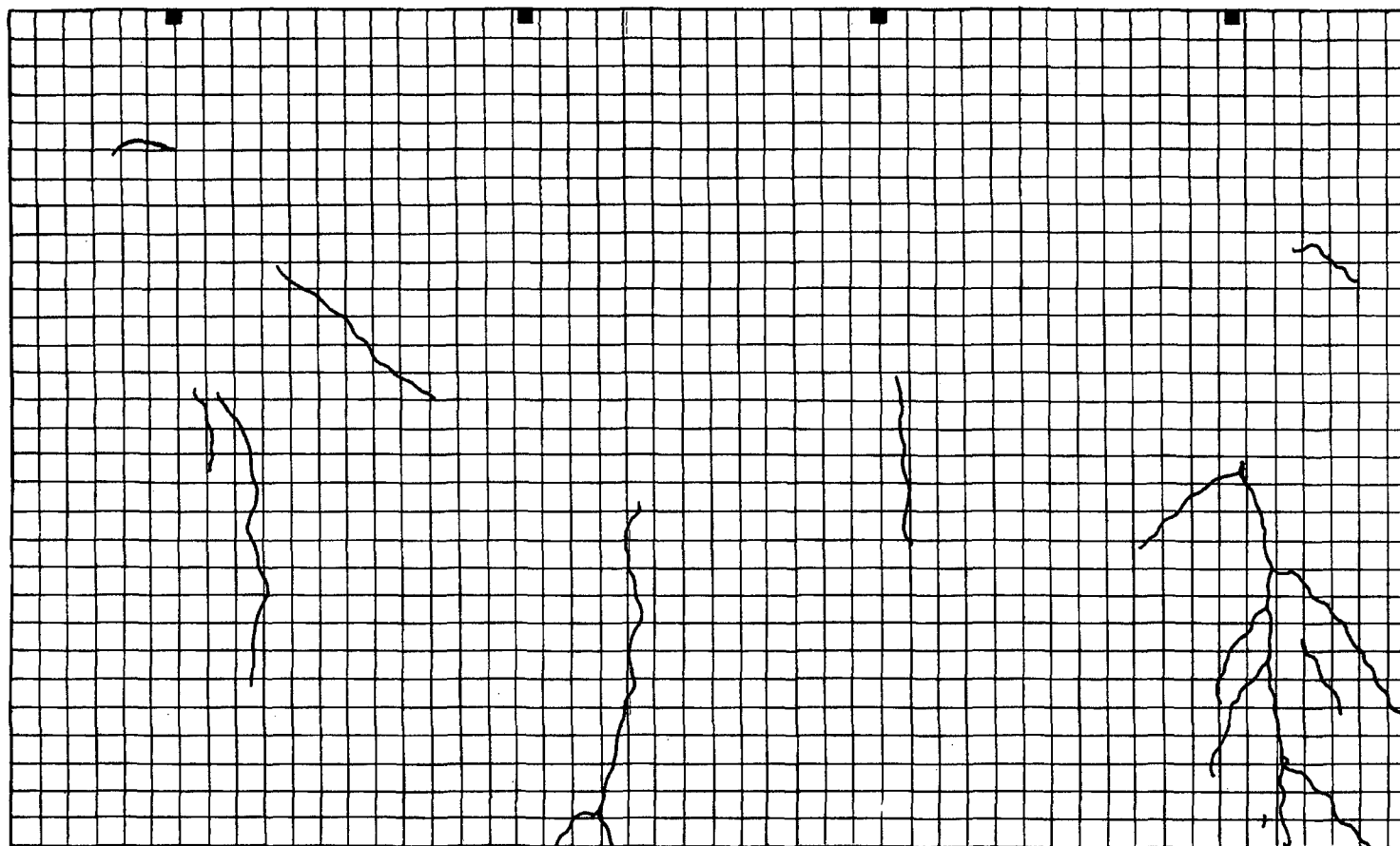
■ Posição do colo da muda após transplantadas para a caixa
□ 1 cm²

FIGURA 7 - DESENVOLVIMENTO DE RAÍZES DE MUDAS DE SEIS MESES DE *Pinus taeda*, PRODUZIDAS EM TUBETES COM MENOR DENSIDADE E TRANSPLANTADAS, 90 DIAS APÓS PODA RADICIAL PARA CAIXAS



■ Posição do colo da muda após transplantadas para a caixa
□ 1 cm²

FIGURA 8 - DESENVOLVIMENTO DE RAÍZES DE MUDAS DE SEIS MESES DE *Pinus taeda*, PRODUZIDAS EM TUBETES COM MAIOR DENSIDADE E TRANSPLANTADAS, 90 DIAS APÓS PODA RADICIAL PARA CAIXAS



■ Posição do colo da muda após transplantadas para a caixa
 □ 1 cm²

4.2.3 Tubos

O P.R.R. também foi avaliado por uma outra metodologia, com a determinação do número de extremidades de raízes novas de mudas transplantadas para tubos. A análise de variância revelou diferença entre os tratamentos (Anexo F) e as médias correspondentes, encontram-se na Tabela 10. Observa-se que as mudas produzidas em raiz nua e blocos prensados com 10 cm apresentaram as maiores médias, não havendo porém, pelo teste de Duncan, diferença significativa entre estes tratamentos. A terceira maior média foi obtida de mudas pertencentes a blocos prensados com 7 cm, que apresentou diferença significativa em relação aos demais tratamentos. Já as menores médias corresponderam às mudas produzidas em tubetes, que se equívalem. A análise dos contrastes ortogonais revelou que o Bloco 10 cm, diferiu significativamente do Bloco 7 cm e ambos apresentaram diferença significativa dos tratamentos pertencentes aos tubetes. Os resultados deste teste são similares aos obtidos pelo teste em solução hidropônica, para número de extremidades regeneradas de raízes, onde as médias se distribuíram praticamente na mesma sequência. Apesar da sua importância, este método deve ser analisado conjuntamente com os demais, visando uma previsão mais confiável do desempenho das mudas no campo.

TABELA 10 - NÚMERO DE EXTREMIDADES REGENERADAS DE RAÍZES DE MUDAS DE *Pinus taeda* DE SEIS MESES COM RAÍZES LATERAIS PODADAS, 90 DIAS APÓS TRANSPLANTIO EM TUBOS

Tratamento	Nº
Raiz Nua	29,36 a
Bloco 10	29,19 a
Bloco 7	16,12 b
Tubete D96	7,18 c
Tubete D48	6,02 c

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Quando se discutiu a distribuição das raízes (Tabela 11), os resultados revelaram que as mudas produzidas em raiz nua e blocos prensados apresentaram melhor distribuição nos quatro quadrantes, o que pressupõe a formação de um sistema radicial mais eficiente para o uso do solo após o plantio. A distribuição do sistema radicial de mudas produzidas em tubetes apresentou uma tendência de concentração no quadrante B para ambos os tratamentos. Provavelmente, a restrição às raízes impostas por estes recipientes, confinando-as para baixo, tenha inibido seu desenvolvimento horizontal, mesmo após transplantadas em tubos com maior volume de substrato.

TABELA 11 - NÚMERO E DISTRIBUIÇÃO EM QUADRANTES DE EXTREMIDADES REGENERADAS DE RAÍZES DE MUDAS DE SEIS MESES DE *Pinus taeda* COM RAÍZES LATERAIS PODADAS, 90 DIAS APÓS TRANSPLANTIO EM TUBOS

Tratamentos	Nº	Quadrantes
Bloco 10	6,19	A
	8,00	B
	7,19	C
	7,75	D
Bloco 7	4,12	A
	4,56	B
	4,44	C
	3,50	D
Raiz Nua	6,81	A
	7,23	B
	7,41	C
	7,89	D
Tubete D48	1,35	A
	2,92	B
	0,75	C
	1,00	D
Tubete D96	1,21	A
	2,21	B
	1,87	C
	1,75	D

a) Número de extremidades regeneradas de raízes, na porção superior

No Anexo G, encontra-se a análise de variância para os dados referentes ao número de extremidades de raízes regeneradas na porção superior dos tubos, onde o teste F acusou diferença significativa entre os tratamentos. O teste de Duncan revelou que as mudas produzidas em blocos prensados com 10 cm e em raiz nua (Tabela 12) apresentaram as maiores médias de quantidade de raízes regeneradas, não sendo detectada diferença significativa entre elas. Os blocos prensados com 7 cm apresentaram média superior às dos

tubetes, que foram equivalentes entre si. Pode-se observar que a maior tendência de concentração das extremidades de raízes regeneradas ocorreu na parte superior do recipiente.

TABELA 12 - NÚMERO DE EXTREMIDADES REGENERADAS DE RAÍZES DE MUDAS DE SEIS MESES COM RAÍZES LATERAIS PODADAS DE *Pinus taeda*, NA PORÇÃO SUPERIOR, 90 DIAS APÓS TRANSPLANTIO EM TUBOS

Tratamento	Número
Bloco 10	22,75 a
Raiz Nua	20,50 a
Bloco 7	11,50 b
Tubete D96	5,50 c
Tubete D48	3,75 c

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

b) Número de extremidades regeneradas de raízes, na porção inferior

No Anexo H encontra-se a análise de variância para os dados referentes ao número de extremidades regeneradas de raízes na porção inferior dos tubos, onde o teste F revelou diferença significativa entre os tratamentos. O teste de Duncan (Tabela 13) revelou que as médias das mudas produzidas em blocos prensados com 10 cm e raiz nua diferiram estatisticamente entre si. A maior média coube às mudas dos blocos prensados com 10 cm, enquanto que as menores médias foram obtidas das mudas produzidas em tubetes, os quais se equívalem, diferindo dos dois tratamentos citados. As mudas produzidas em blocos prensados com 7 cm apresentaram média intermediária entre estes dois blocos de tratamentos, diferindo significativamente dos demais tratamentos.

TABELA 13 - NÚMERO DE EXTREMIDADES REGENERADAS DE RAÍZES DE MUDAS DE SEIS MESES COM RAÍZES LATERAIS PODADAS DE *Pinus taeda*, NA PORÇÃO INFERIOR, 90 DIAS APÓS TRANSPLANTIO EM TUBOS

Tratamento	Número
Bloco 10	9,75 a
Bloco 7	8,25 a
Raiz Nua	6,00 b
Tubete D96	1,75 c
Tubete D48	1,00 c

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Observou-se, para todos os tratamentos, que a maior quantidade de extremidades regeneradas de raízes se concentrou na porção superior dos tubos. A configuração específica do sistema radicial para cada método de produção mostrou que as mudas produzidas em blocos prensados e em raiz nua, como se esperava, mantiveram a maior concentração de raízes na porção superior dos tubos.

4.3 CORRELAÇÕES ENTRE O P.R.R. E O DESEMPENHO DAS MUDAS NO CAMPO, 24 MESES APÓS O PLANTIO

Foram feitas correlações entre as médias de todos os tratamentos (Tabela 14). O número total de raízes novas não apresentou correlação positiva com a altura e o diâmetro no campo, apesar de ter havido uma tendência de aumento dos valores desses dois parâmetros, na medida em que aumentou o número de raízes novas. Todavia, o comprimento total e o número de raízes novas > 1 cm apresentaram correlações significativas com o desempenho das mudas após o plantio no campo (maiores taxas de sobrevivência e crescimento inicial). Estes resultados estão de acordo com os obtidos por BARDEN *et al.* (1986), em pesquisa com esta

mesma espécie. Também JOHNSEN *et al.* (1986), trabalhando com mudas de *Pinus strobus*, encontraram correlação significativa entre o número e o comprimento de raízes novas iguais ou maiores de 0,5 cm, com a altura no campo.

TABELA 14 - CORRELAÇÕES ENTRE O POTENCIAL DE REGENERAÇÃO DE RAÍZES (P.R.R.) E ALTURA E DIÂMETRO NO CAMPO, MEDIDOS 24 MESES APÓS O PLANTIO DE MUDAS DE *Pinus taeda*

	Nº	Nº (>1 cm)	Comprimento (cm)
Altura (cm)	0,30	0,50*	0,60*
Diâmetro (mm)	0,41	0,50*	0,60*

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade

4.4 ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICIAL NO CAMPO, 18 MESES APÓS O PLANTIO

18 meses após o plantio no campo, duas mudas por tratamento foram retiradas do solo e seus sistemas radiciais analisados.

4.4.1 Número de raízes laterais

Os resultados referentes às classes de diâmetros e número médio de raízes, encontram-se na Tabela 15. Constatou-se que a maior média de raízes laterais e de classe de diâmetros foram verificadas para as mudas produzidas em blocos prensados com 10 cm, seguidas de mudas em tubetes com maior densidade (classe intermediária de diâmetro), blocos

prensados com 7 cm (classe intermediária de diâmetro) e raiz nua (menor classe de diâmetro). A menor média foi obtida em tubetes com menor densidade (classe intermediária de diâmetro). Os resultados apresentados pelas mudas produzidas no sistema de blocos prensados, confirmam os valores já alcançados para todas as avaliações anteriores, principalmente em relação ao P.R.R.

TABELA 15 - CLASSES DE DIÂMETROS E NÚMERO MÉDIO DE RAÍZES, 18 MESES APÓS O PLANTIO DE MUDAS DE *Pinus taeda*

Tratamentos	< 5 mm	5 - 8 mm	> 8 mm	Total (mm)
Bloco 10	4,5	5,0	10,0	19,5
Bloco 7	3,5	6,0	4,5	14,0
Raiz nua	6,5	4,5	1,5	12,5
Tubete D48	3,0	4,5	2,0	9,5
Tubete D96	5,0	9,5	2,0	16,5

4.4.2 Deformações radiciais e desempenho das mudas no campo, 18 meses após o plantio

Os dados referentes aos três tipos de deformações radiciais (Tabela 16) mostram que mudas com menor número de deformações foram produzidas no sistema de blocos prensados, tendo o bloco prensado com 7 cm, apresentado o menor número de deformações.

TABELA 16- NÚMERO MÉDIO E TOTAL DE DEFORMAÇÕES RADICIAIS, 18 MESES APÓS O PLANTIO DE MUDAS DE *Pinus taeda*

Tratamentos	Dobra	Espiralamento	Estrangulamento	Total
Bloco 10	8,5	6,5	9,0	24,0
Bloco 7	8,0	6,0	3,0	17,0
Raiz nua	9,5	12,0	8,0	29,5
Tubete D48	4,0	8,0	8,0	20,0
Tubete D96	6,5	11,0	23,0	40,5

Os coeficientes de deformações radiciais são mostrados na Tabela 17. Os menores coeficientes, indicando um sistema radicial com menor deformação, foram encontrados em mudas produzidas no sistema de blocos prensados. Os demais tratamentos apresentaram coeficientes mais altos. À medida em que este coeficiente aumentou no campo, o desenvolvimento em altura e diâmetro ao nível do solo diminuiu (Figuras 9 e 10). O alto coeficiente de deformação radicial verificado para as mudas em raiz nua, reforça a hipótese de que o seu plantio foi efetuado de forma inadequada. Em se tratando de mudas em raiz nua, no ato do plantio, o sistema radicial deve estar disposto em posição natural para evitar as deformações nas raízes e futuras complicações para o crescimento e desenvolvimento das plantas (BLAKE e SOUTH, 1991). CARNEIRO (1995) relatou que mudas com raiz nua com o sistema radicial mal formado pode ocorrer por ocasião do plantio mal executado.

TABELA 17 - COEFICIENTES DE DEFORMAÇÕES RADICIAIS (CDR), VERIFICADAS 18 MESES APÓS O PLANTIO DE MUDAS DE *Pinus taeda*

Tratamento	CDR (%)
Bloco 10	1,23
Bloco 7	1,21
Raiz nua	2,36
Tubete D48	2,10
Tubete D96	2,45

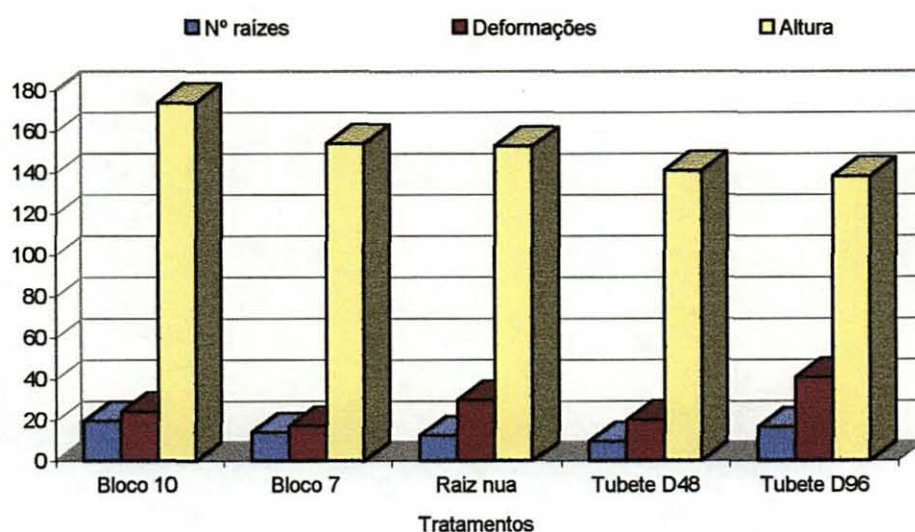


FIGURA 9 - ALTURA, NÚMERO DE RAÍZES LATERAIS E DEFORMAÇÕES RADICIAIS, 18 MESES APÓS O PLANTIO DE MUDAS DE *Pinus taeda*

Dos tratamentos referentes aos tubetes (Figuras 9 e 10), as mudas produzidas em maior densidade apresentaram o maior número de raízes, todavia, o maior número de deformações radiciais verificado, provavelmente impossibilitou que estas apresentassem um desempenho mais favorável no campo. Quanto às mudas em menor densidade, apesar do menor número de raízes produzidas, é possível que a quantidade menor de raízes deformadas, deva ter contribuído para alcançar a maior altura das mudas entre estes dois tratamentos. Estes resultados indicam que as deformações radiciais foram prejudiciais ao desempenho das mudas no campo em altura e diâmetro.

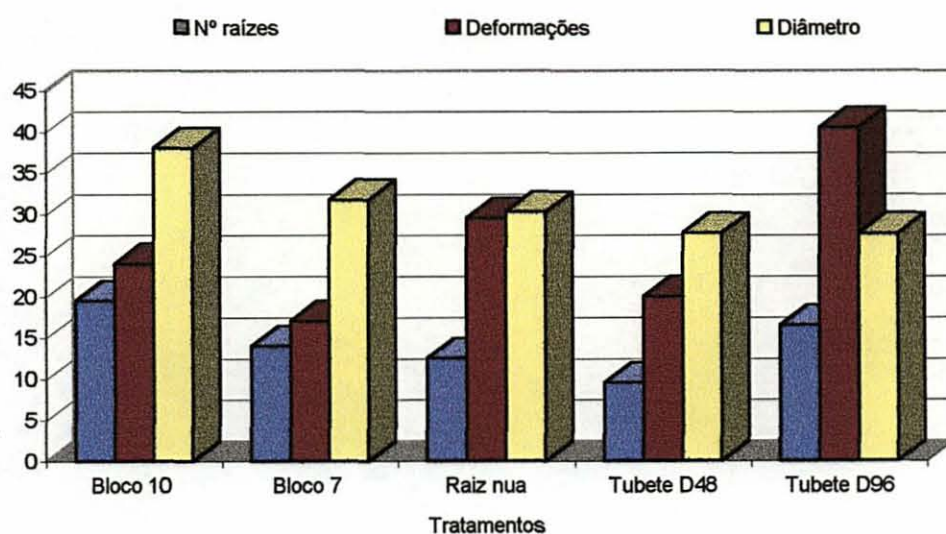


FIGURA 10 - DIÂMETRO AO NÍVEL DO SOLO, NÚMERO DE RAÍZES LATERAIS E DEFORMAÇÕES RADICIAIS, 18 MESES APÓS O PLANTIO DE MUDAS DE *Pinus taeda*

As Figuras 11 e 12 mostram, respectivamente, aspectos do desenvolvimento do sistema radicular de mudas produzidas em blocos prensados com 10 e 7 cm, evidenciando uma adequada distribuição horizontal das raízes laterais. Esta configuração radicular favorável pode ter contribuído para um melhor uso do solo e, conseqüentemente, alcançar no campo maiores taxas de crescimento inicial. Embora MEXAL (1978) tenha observado que o crescimento de mudas de *Pinus taeda* não se correlacionou com as deformações radiciais, concorda que uma melhor distribuição horizontal das raízes correlaciona-se com o desempenho das mudas no campo. Segundo HAASE *et al.* (1993), as árvores com a maioria das raízes em apenas um plano apresenta grande mortalidade e crescimento precário, quando comparadas àquelas com distribuição em vários planos.

A Figura 13, mostra a distribuição do sistema radicular de uma muda produzida no sistema de raiz nua 18 meses após o plantio.

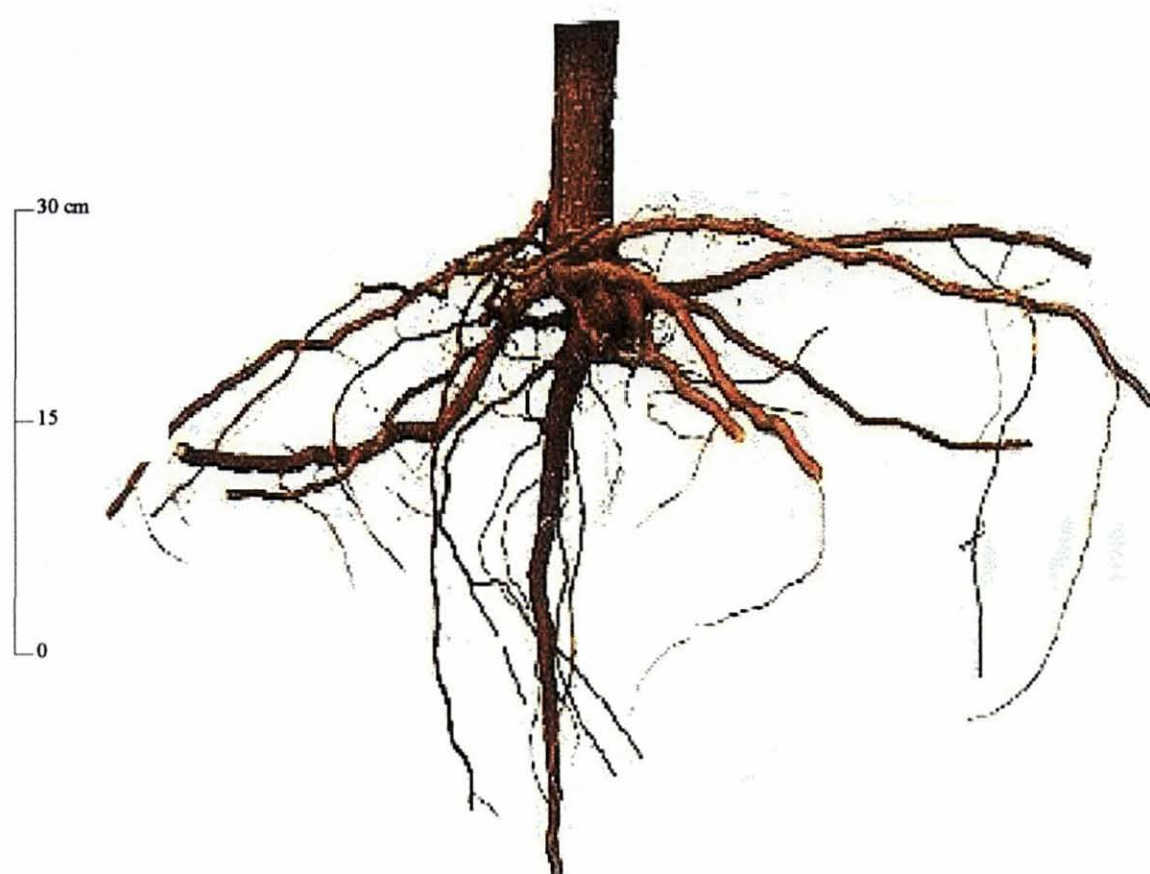


FIGURA 11 - DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICIAL, 18 MESES APÓS O PLANTIO, ORIGINADO DE MUDAS DE *Pinus taeda* PRODUZIDAS EM BLOCOS PRENSADOS COM 10 cm

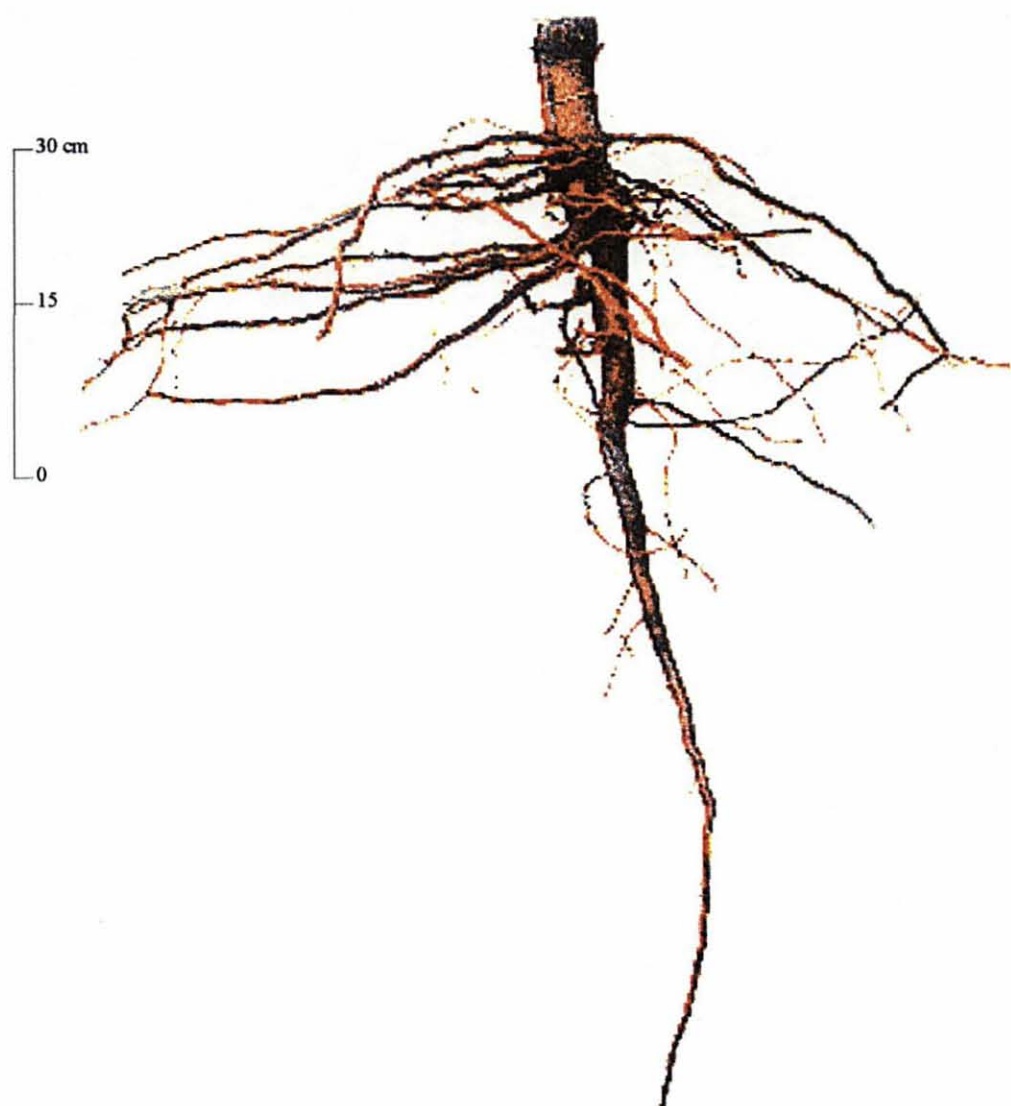


FIGURA 12 - DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICIAL, 18 MESES APÓS O PLANTIO, ORIGINADO DE MUDAS DE *Pinus taeda*, PRODUZIDAS EM BLOCOS PRENSADOS COM 7 cm

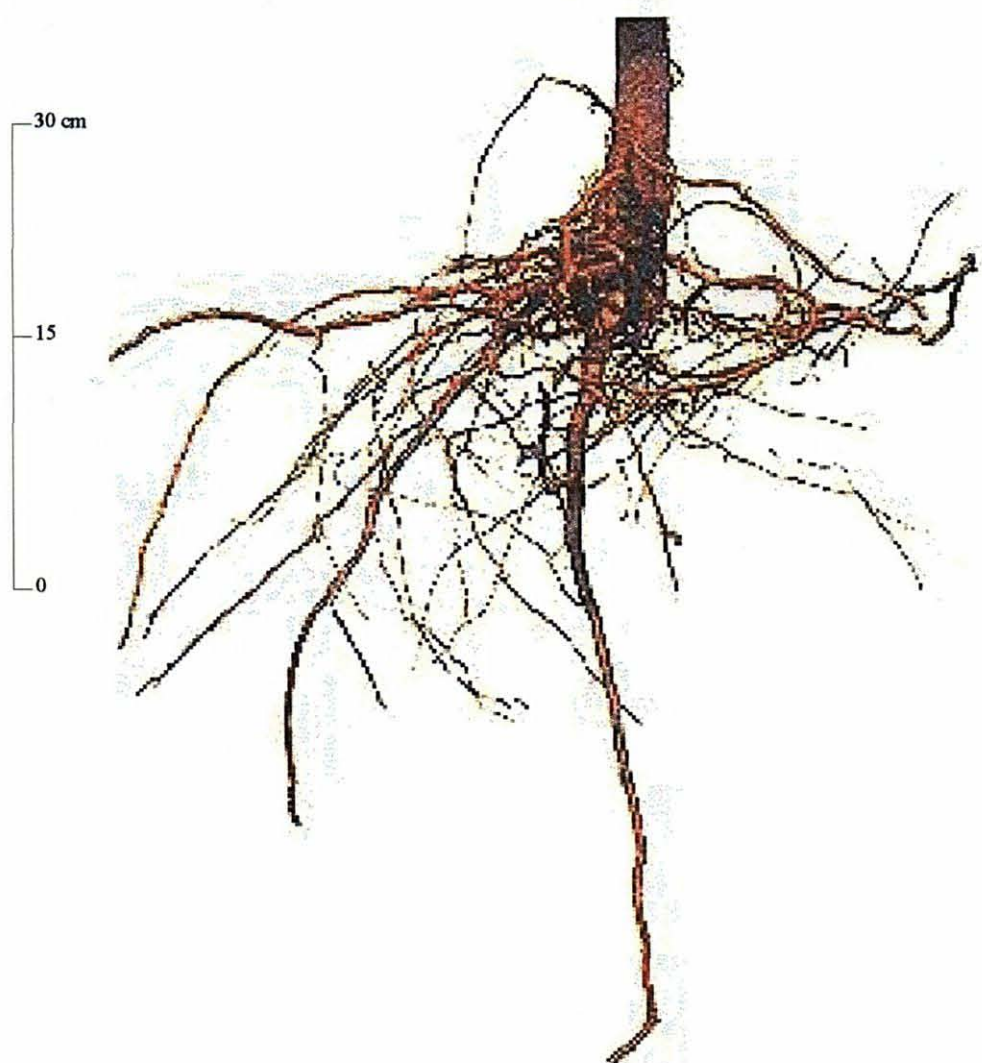


FIGURA 13 - DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICAL, 18 MESES APÓS O PLANTIO, ORIGINADO DE MUDAS DE *Pinus taeda*, PRODUZIDAS EM RAIZ NUA

A distribuição do sistema radicial de mudas produzidas em tubetes é mostrado pelas Figuras 14 e 15, para os tratamentos com menor e maior densidades respectivamente. Observa-se o direcionamento das raízes laterais para baixo, dificultando a distribuição horizontal das mesmas e, conseqüentemente, podendo causar uma possível diminuição de incremento. SIMÕES (1987) discorreu sobre este tema, ressaltando a falta de conhecimento mais consistente a respeito dos efeitos das deformações radiciais em relação ao desempenho da planta. MELLO (1989) constatou que mudas oriundas de tubetes apresentaram o sistema de raízes laterais pobre em volume, simetria mal-balanceada e raiz pivotante bifurcada e raquítica. O baixo desempenho no campo das mudas produzidas em tubetes, também confirma a persistência dessas deformações radiciais mesmo após o plantio. Estes resultados são similares aos verificados por WALTERS e GOO (1978), que também encontraram deformações radiciais em plantas originadas de mudas produzidas em recipientes. SCHIMIDT-VOGT (1984) e PARVIAINEN (1984) observaram que o crescimento em espiral das raízes, provocado por recipiente, persiste no campo.

Segundo MATTEI (1993), nas mudas de *Pinus taeda*, as raízes laterais retomaram o crescimento horizontal após terem sido desviadas pela forma e material do tubete, porém, as deformações persistiram.

O sistema radicial foi analisado também, levando-se em consideração a diferença entre o comprimento e a profundidade da raiz principal. A diferença entre estas duas características, pode indicar um crescimento de maior ou de menor inclinação da raiz principal, com reflexos no desempenho das mudas no campo. Observa-se que as mudas em raiz nua (Figuras 16 e 17), apresentaram a maior diferença entre estas características, confirmando assim, as evidências de que o plantio foi efetuado de modo inadequado.

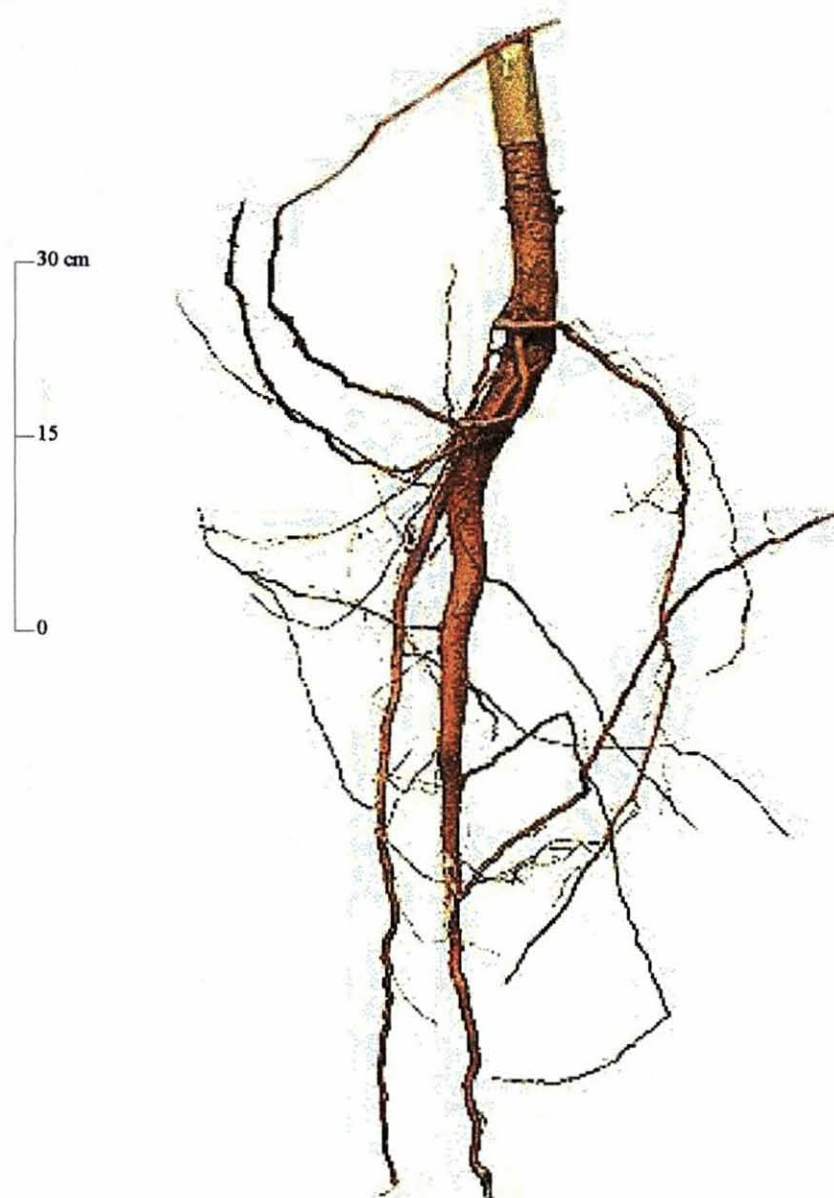


FIGURA 14 - DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICAL, 18 MESES APÓS O PLANTIO, ORIGINADO DE MUDAS DE *Pinus taeda*, PRODUZIDAS EM TUBETES COM MENOR DENSIDADE

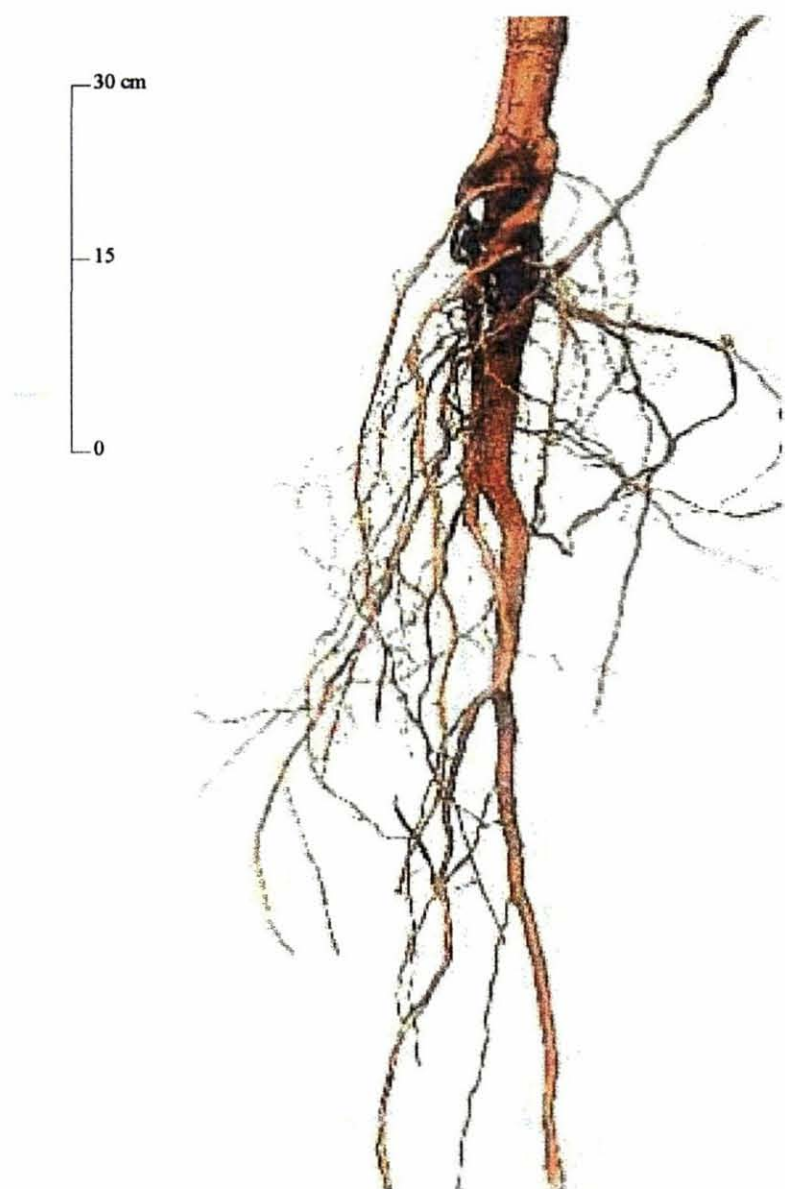


FIGURA 15 - DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICIAL, 18 MESES APÓS O PLANTIO, ORIGINADO DE MUDAS DE *Pinus taeda*, PRODUZIDAS EM TUBETES DE MAIOR DENSIDADE

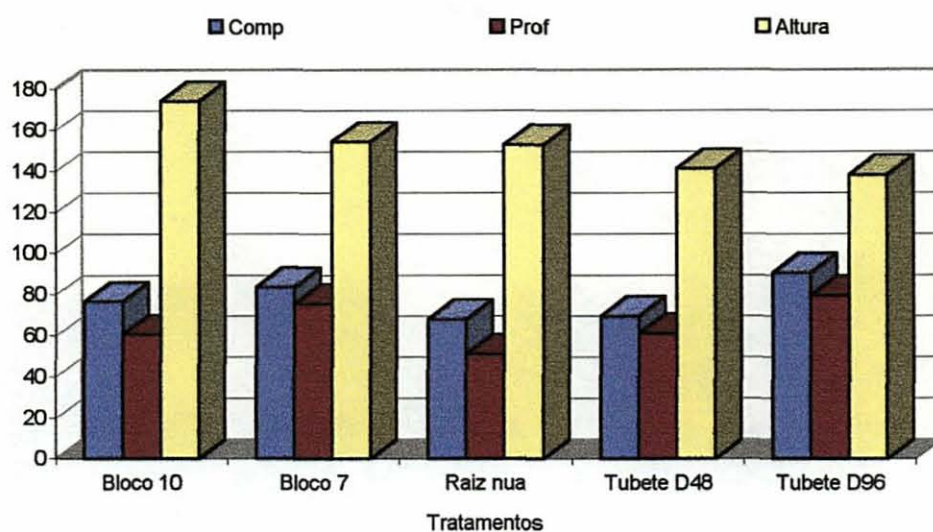


FIGURA 16 - DESENVOLVIMENTO EM ALTURA (cm), 18 MESES APÓS O PLANTIO DE MUDAS DE *Pinus taeda* EM FUNÇÃO DA DIFERENÇA ENTRE O COMPRIMENTO (cm) E A PROFUNDIDADE DA RAIZ PRINCIPAL (cm)

Segundo HARRINGTON, BRISSETTE e CARLSON (1989), raízes principais sem uma adequada orientação na direção vertical, apresentam menor crescimento quando comparadas àquelas que, se recuperaram e retomaram o seu crescimento no sentido vertical.

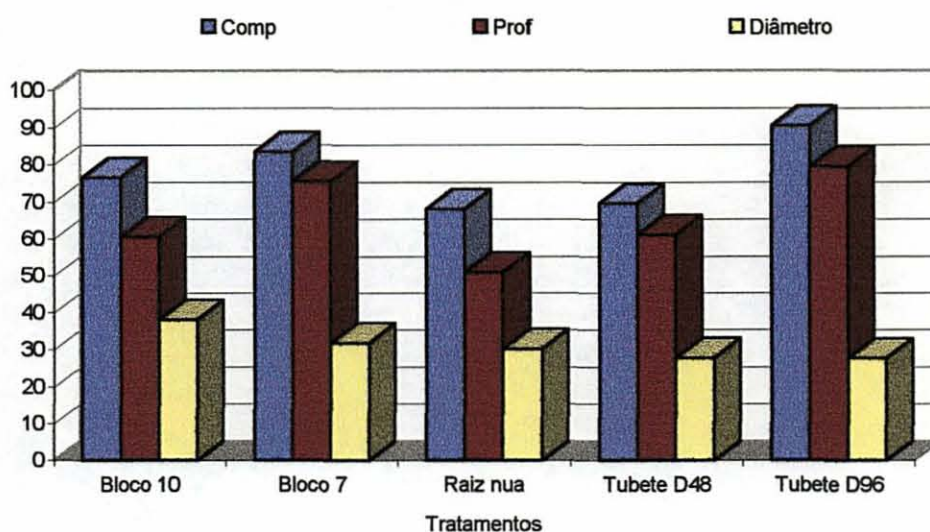


FIGURA 17 - DESENVOLVIMENTO EM DIÂMETRO AO NÍVEL DO SOLO (mm), 18 MESES APÓS O PLANTIO DE MUDAS DE *Pinus taeda* EM FUNÇÃO DA DIFERENÇA ENTRE O COMPRIMENTO (cm) E A PROFUNDIDADE DA RAIZ PRINCIPAL (cm)

4.5 DESEMPENHO DAS MUDAS NO CAMPO

4.5.1 Sobrevivência das mudas

Foram feitas avaliações mensais até o quinto mês, quando se considerou a sobrevivência das mudas no campo definitivamente estabelecida (Tabela 18). Os dados meteorológicos de temperatura e precipitação pluviométrica, medidos neste período, encontram-se na Tabela 19, os quais indicam que neste período as condições climáticas foram favoráveis ao desenvolvimento das mudas no campo. As mudas correspondentes a todos os tratamentos, exceto para o tratamento raiz nua, apresentaram altos índices de sobrevivência. KIKUTI et al. (1984) lembraram que algumas condições ambientais favoráveis, tais como, alta

umidade, precipitação freqüente e baixa temperatura contribuem para o aumento da sobrevivência.

TABELA 18 - VALORES MÉDIOS DE SOBREVIVÊNCIA DE MUDAS DE *Pinus taeda*, CINCO MESES APÓS O PLANTIO

Tratamento	Sobrevivência (%)
Bloco 10	98,34
Bloco 7	97,94
Tubete D96	96,67
Tubete D48	95,56
Raiz nua	88,89

TABELA 19 - DADOS DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA OCORRIDOS NOS CINCO MESES DE AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA DE MUDAS DE *Pinus taeda*

Período	Temperaturas médias (°C)		Precipitação pluviométrica (mm)
	Máxima	Mínima	
Maio	19,70	7,30	19,06
Junho	18,60	7,70	123,95
Julho	21,90	7,40	164,84
Agosto	24,60	9,10	25,40
Setembro	21,50	8,90	159,98

No presente estudo, os maiores índices de sobrevivência couberam às mudas com maior P.R.R., produzidas no sistema de blocos prensados com 10 e 7 cm (98,34% e 97,94 respectivamente). Estes resultados estão de acordo com os de BARDEN *et al.* (1986), que trabalhando com mudas de *Pinus taeda*, constataram que o P.R.R. mostrou ser um bom indicador da sobrevivência, especialmente em condições de estresse. CARNEIRO (1995), também constatou para mudas de *Pinus taeda*, maiores médias de sobrevivência verificadas para as mudas produzidas no sistema de blocos prensados com 7 cm. As mudas produzidas no

sistema de raiz nua alcançaram menor taxa de sobrevivência (88,89). CARNEIRO (1995) também encontrou valores mais baixos de sobrevivência para mudas em raiz nua e tubetes em relação às mudas produzidas em blocos prensados com 7 cm.

4.5.2 Crescimento inicial em altura e diâmetro das mudas

As análises de variância, referentes aos resultados obtidos no campo, para a altura da parte aérea e diâmetro ao nível do solo, encontram-se no Anexo I. Foram efetuadas também análises de regressão e ajustados modelos matemáticos para o período de 24 meses, com a finalidade de se conhecer as tendências de comportamento das mudas para os cinco tratamentos a que foram submetidas, durante este período (Anexo J).

Tendo em vista a diferença de altura e diâmetro inicial encontrada entre as mudas dos tratamentos Bloco 10 e Tubetes de ambas as densidades, efetuou-se uma análise de covariância a qual revelou não haver qualquer relação entre essas variáveis e os resultados finais.

a) Altura da parte aérea das mudas

As médias referentes a este parâmetro encontram-se na Tabela 20. Verificou-se que as mudas produzidas no sistema de blocos prensados com 10 cm, apresentaram a maior média de altura, sendo constatada pelo teste de Duncan diferença significativa em relação às médias dos demais tratamentos.

A segunda maior média coube às mudas dos blocos prensados com 7 cm, que não apresentou diferença significativa em relação às de raiz nua e Tubete D96. CARNEIRO (1995)

pesquisando mudas de *Pinus taeda* em blocos prensados com 7 cm, raiz nua e tubetes, observou que as maiores médias de altura, em sítios arenoso e argiloso, foram verificadas para as mudas produzidas pelo primeiro e segundo métodos, respectivamente. As mudas produzidas em tubetes apresentaram as médias mais baixas. No presente estudo, as mudas produzidas em raiz nua e tubetes de maior e menor densidades apresentaram médias equivalentes.

TABELA 20 - VALORES MÉDIOS DE ALTURA DA PARTE AÉREA DE MUDAS DE *Pinus taeda*, 24 MESES APÓS O PLANTIO

Tratamento	Altura (cm)
Bloco 10	275,50 a
Bloco 7	251,00 b
Raiz Nua	242,67 bc
Tubete D96	236,67 bc
Tubete D48	226,17 c

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Ressalte-se que durante o período de 24 meses na área onde foi instalado o experimento, optou-se por fazer apenas duas capinas mecânicas nas entrelinhas, visando facilitar a coleta de dados. Os tratos culturais de manutenção do povoamento comercial na empresa onde foi instalado este experimento, mantém a área limpa até que as mudas vençam a concorrência com a vegetação invasora.

Os resultados, obtidos 24 meses após o plantio, demonstraram a superioridade das mudas produzidas por meio do sistema de blocos prensados com 10 cm, que apresentaram maior ritmo de crescimento inicial em altura (Figura 18). A tendência de comportamento das mudas durante este período é mostrada na Figura 1J (Anexo), cuja equação de regressão ajustada para este tratamento e com $r^2 = 97,99$ encontra-se a seguir:

$$\hat{y} = 23,89441 + \exp(3,918676 + (0,074557) \times \text{IDADE})$$

Mudas desse mesmo tratamento apresentaram na fase de viveiro e de avaliação do P.R.R., as maiores médias, com diferenças significativas, para a maioria dos parâmetros morfofisiológicos indicadores da qualidade de mudas.

A diferença da espessura dos blocos prensados permitiu a produção de mudas de diferentes alturas, prevalecendo com maior desenvolvimento inicial no campo, as mudas com maiores dimensões, oriundas de blocos mais espessos as quais apresentaram na fase de avaliação do P.R.R., as maiores médias. BARNETT (1983), trabalhando com mudas de *Pinus taeda*, *P. elliottii*, *P. echinata* e *P. palustris* produzidas em recipientes, verificou que o desempenho no campo foi maior à medida em que as dimensões das mudas, no ato do plantio, também foram maiores.

Neste mesmo período, conforme mostram as Figuras 18 (valores observados) e 1J (Anexo), foram constatados ritmos de crescimento similares para as mudas produzidas em blocos prensados com 7 cm e em raiz nua, com uma ligeira tendência de superioridade do primeiro no final deste período. Este desempenho das mudas dos blocos prensados com 7 cm é confirmado pelos altos valores de P.R.R. constatados na fase de avaliação do P.R.R., em relação as mudas em raiz nua, que apresentaram na fase de viveiro, valores superiores para os parâmetros morfológicos.

Os resultados de crescimento em altura alcançados pelas mudas produzidas em blocos prensados com 10 cm, sugerem a possibilidade de uma provável redução nos custos de manutenção.

O ritmo mais lento e os baixos valores de crescimento em altura no campo, como também nas fases de produção e avaliação do P.R.R., verificados em mudas produzidas em tubetes, mostram que este recipiente não é recomendável para espécies de *Pinus*, pois causa

restrição ao sistema radicial, motivo pelo qual suas médias foram muito baixas, até pelo menos 24 meses após o plantio. Chegaram a mesma constatação ALM e SCHANTZ-HANSEN (1974), MATTEI (1993) e CARNEIRO (1995), após resultados similares da avaliação dos parâmetros morfológicos e desempenho no campo verificados em mudas de *Pinus taeda*.

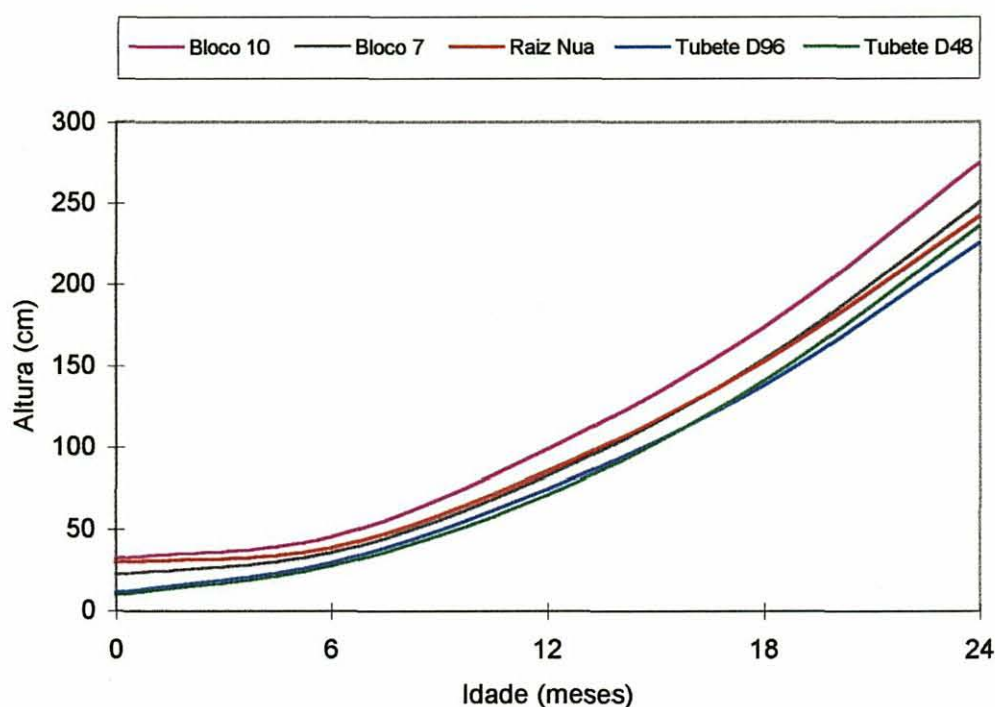


FIGURA 18 - DESENVOLVIMENTO EM ALTURA DE MUDAS DE *Pinus taeda*, NO PERÍODO DE 24 MESES

b) Desenvolvimento em diâmetro ao nível do solo

Na Tabela 21 encontram-se as médias referentes a este parâmetro. Verificou-se que as mudas produzidas no sistema de blocos prensados com 10 cm apresentaram a maior média de diâmetro, sendo constatada pelo teste de Duncan diferença significativa em relação às médias dos demais tratamentos. Não houve diferença significativa, entre as médias referentes aos sistemas de blocos prensados com 7 cm e as do sistema de raiz nua. O mesmo foi observado

para as médias referentes aos tubetes, que diferiram significativamente dos dois tratamentos anteriores.

Observando-se as Figuras 19 (valores observados) e 2J (Anexo), pode-se inferir que o desenvolvimento inicial das mudas oriundas do sistema de blocos prensados com 10 cm, destacou-se dos demais, apresentando um ritmo de crescimento bastante acentuado.

As mudas produzidas em raiz nua e blocos prensados com 7 cm também apresentaram no campo, ritmos de crescimento similares. Todavia, apesar das mudas em raiz nua terem apresentado valores superiores na fase de viveiro, foi o sistema de blocos prensados com 7 cm (com altos valores de P.R.R.), que obteve o melhor crescimento no campo. Os resultados confirmam que o melhor desempenho, neste período, coube às mudas produzidas em blocos prensados. Destacaram-se as mudas produzidas em blocos prensados com 10 cm, mostrando dessa forma, a vantagem desse sistema de produção. Este comportamento confirma os altos valores de P.R.R. obtidos na fase de laboratório. CARNEIRO (1995) também encontrou as maiores médias de diâmetro ao nível do solo em mudas de *Pinus taeda* produzidas em blocos prensados com 7 cm em comparação com as mudas produzidas em raiz nua e tubetes.

Ainda com base na Figura 19, pode-se observar que as mudas produzidas no sistema de tubetes apresentaram ritmo de crescimento mais lento e seus baixos valores de diâmetro ao nível do solo, demonstram mais uma vez a desvantagem desse recipiente para a produção de mudas de espécies de *Pinus*, também confirmado por ALM e SCHANTZ-HANSEN (1974), MATTEI (1993) e CARNEIRO (1995).

TABELA 21 - VALORES MÉDIOS DE DIÂMETRO AO NÍVEL DO SOLO DE MUDAS DE *Pinus taeda*, 24 MESES APÓS O PLANTIO

Tratamento	Diâmetro (mm)
Bloco 10	61,09 a
Bloco 7	52,86 b
Raiz Nua	52,75 b
Tubete D96	47,01 c
Tubete D48	45,54 c

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

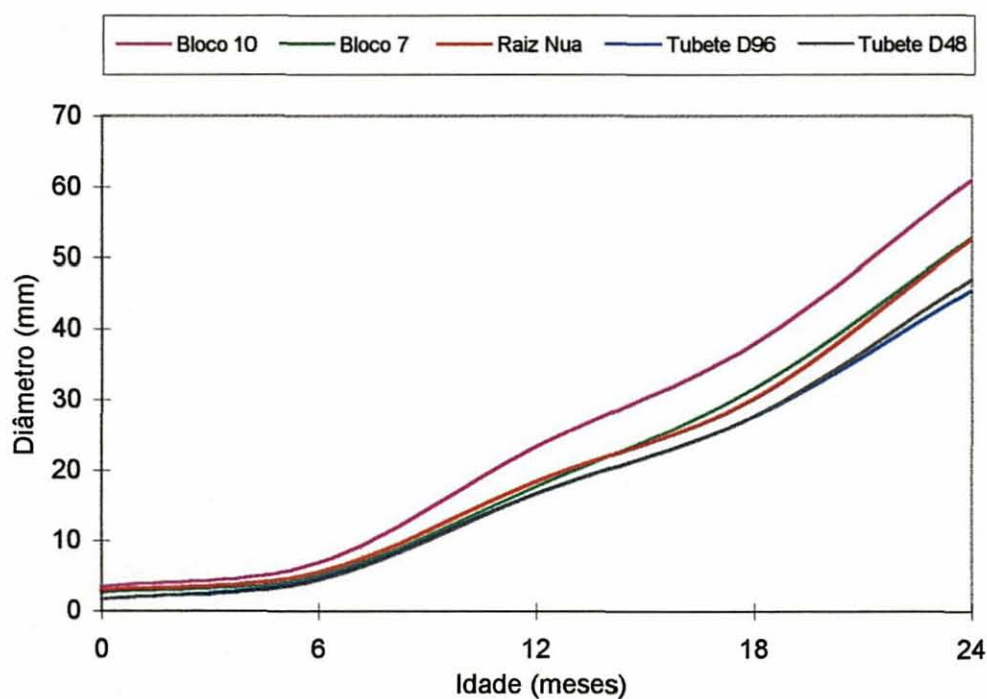


FIGURA 19 - DESENVOLVIMENTO EM DIÂMETRO AO NÍVEL DO SOLO DE MUDAS DE *Pinus taeda*, NO PERÍODO DE 24 MESES

5. CONCLUSÕES

Após a discussão dos resultados obtidos e nas condições em que foram realizados os experimentos, conclui-se que:

1. As mudas produzidas no sistema de blocos prensados e raiz nua, 90 dias após o transplante em tubos, apresentaram distribuição de raízes nos quatro quadrantes, com maior concentração na porção superior desses recipientes.
2. O sistema de blocos prensados com 10 cm, em todas as fases de avaliação dos parâmetros morfofisiológicos e desempenho no campo, 24 meses após o plantio, foi superior aos demais métodos utilizados neste trabalho, demonstrando assim, a sua eficiência na produção de mudas de *Pinus taeda*.
3. O potencial de regeneração de raízes, avaliado em aquários, caixas e tubos demonstrou ser um parâmetro fisiológico confiável na determinação da qualidade de mudas de *Pinus taeda* e previsão do seu desempenho no campo.
4. O alto coeficiente de deformação radicial verificado para as mudas em raiz nua, nas condições deste experimento, indica que o plantio foi efetuado de forma inadequada.

5. As médias mais baixas, para todos os parâmetros morfofisiológicos avaliados e desempenho no campo, 24 meses após o plantio, foram verificadas em mudas produzidas em tubete.
6. Os tubetes comprometeram a distribuição horizontal das raízes laterais, confinando-as para baixo e conseqüentemente induzindo à deformação radicial.

ANEXOS

ANEXO A

TABELA 1A - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS REFERENTES À ALTURA DA PARTE AÉREA (H) DE MUDAS DE *Pinus taeda*, SEIS MESES APÓS A SEMEADURA

Fonte de Variação	G. L.	S. Q.	Q.M.	F
Tratamento	4	0,5813997	0,1453499	660,300**
Resíduo	25	0,0055032	0,0002201	
Total	29	0,5869029		

TABELA 2A - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS REFERENTES AO DIÂMETRO DE COLO (D) DE MUDAS DE *Pinus taeda*, SEIS MESES APÓS A SEMEADURA

Fonte de Variação	G. L.	S. Q.	Q.M.	F
Tratamento	4	0,5532819	0,1383205	357,559**
Resíduo	25	0,0096712	0,0003868	
Total	29	0,5629531		

TABELA 3A - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS REFERENTES A RELAÇÃO H/D DE MUDAS DE *Pinus taeda*, SEIS MESES APÓS A SEMEADURA

Fonte de Variação	G. L.	S. Q.	Q.M.	F
Tratamento	4	62,085960	15,521490	166,308**
Resíduo	25	2,333247	0,093330	
Total	29	64,419207		

ANEXO B

TABELA 1B - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS REFERENTES AO PESO DE MATÉRIA FRESCA DA PARTE AÉREA DE MUDAS DE *Pinus taeda*, SEIS MESES APÓS A SEMEADURA

Fonte de Variação	G. L.	S. Q.	Q.M.	F
Tratamento	4	5,4314210	1,3578553	398,538**
Resíduo	25	0,0851772	0,0034071	
Total	29	5,5165982		

TABELA 2B - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS REFERENTES AO PESO DE MATÉRIA FRESCA DE RAÍZES DE MUDAS DE *Pinus taeda*, SEIS MESES APÓS A SEMEADURA

Fonte de Variação	G. L.	S. Q.	Q.M.	F
Tratamento	4	0,4550379	0,1137595	55.667**
Resíduo	25	0,0510895	0,0020436	
Total	29	0,5061274		

TABELA 3B - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS REFERENTES AO PESO TOTAL DE MATÉRIA FRESCA DE MUDAS DE *Pinus taeda*, SEIS MESES APÓS A SEMEADURA

Fonte de Variação	G. L.	S. Q.	Q.M.	F
Tratamento	4	4,0822939	1,0205735	300,795**
Resíduo	25	0,0848230	0,0033929	
Total	29	4,1671168		

ANEXO C

TABELA 1C - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS REFERENTES AO PESO DE MATÉRIA SECA DA PARTE AÉREA DE MUDAS DE *Pinus taeda*, SEIS MESES APÓS A SEMEADURA

Fonte de Variação	G. L.	S. Q.	Q.M.	F
Tratamento	4	20,897361	5,2243402	29,805**
Resíduo	25	4,206863	0,1752859	
Total	28	25,104223		

TABELA 2C - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS REFERENTES AO PESO DE MATÉRIA SECA DE RAIZ DE MUDAS DE *Pinus taeda*, SEIS MESES APÓS A SEMEADURA

Fonte de Variação	G. L.	S. Q.	Q.M.	F
Tratamento	4	0,0594050	0,0148513	46,427**
Resíduo	25	0,0079972	0,0003199	
Total	28	0,0674022		

TABELA 3C - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS REFERENTES AO PESO TOTAL DE MATÉRIA SECA DE MUDAS DE *Pinus taeda*, SEIS MESES APÓS A SEMEADURA

Fonte de Variação	G. L.	S. Q.	Q.M.	F
Tratamento	4	13,946654	3,4866635	27,864**
Resíduo	25	3,003108	0,1251295	
Total	28	16,949762		

ANEXO D

TABELA 1D - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS REFERENTES AO NÚMERO MÉDIO DE RAÍZES NOVAS DE MUDAS DE *Pinus taeda* DE SEIS MESES COM RAÍZES LATERAIS PODADAS, 22 DIAS APÓS TRANSPLANTIO EM SOLUÇÃO HIDROPÔNICA

Fonte de Variação	G. L.	S. Q.	Q.M.	F
Tratamento	4	484,78890	121,19723	3,867*
Resíduo	15	470,17848	31,34523	
Total	19	954,96738		

TABELA 2D - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS REFERENTES AO NÚMERO MÉDIO DE RAÍZES NOVAS > 1 cm DE MUDAS DE *Pinus taeda* DE SEIS MESES COM RAÍZES LATERAIS PODADAS, 22 DIAS APÓS TRANSPLANTIO EM SOLUÇÃO HIDROPÔNICA

Fonte de Variação	G. L.	S. Q.	Q.M.	F
Tratamento	4	19,578632	4,8946580	9,361**
Resíduo	15	7,842986	0,5228657	
Total	19	27,421618		

TABELA 3D - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS REFERENTES AO COMPRIMENTO MÉDIO DE RAÍZES NOVAS (cm) DE MUDAS DE *Pinus taeda* DE SEIS MESES COM RAÍZES LATERAIS PODADAS, 22 DIAS APÓS TRANSPLANTIO EM SOLUÇÃO HIDROPÔNICA

Fonte de Variação	G. L.	S. Q.	Q.M.	F
Tratamento	4	93,051523	23,262881	24,809**
Resíduo	14	13,127463	0,937676	
Total	18	106,17899		

ANEXO E

TABELA 1E - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS REFERENTES AO COMPRIMENTO MÉDIO DE RAÍZES NOVAS (cm) DE MUDAS DE *Pinus taeda* DE SEIS MESES COM RAÍZES LATERAIS PODADAS, 90 DIAS APÓS TRANSPLANTIO EM CAIXAS

Fonte de Variação	G. L.	S. Q.	Q.M.	F
Tratamento	4	90,487162	22,621791	17,940**
Resíduo	14	18,914713	1,260981	
Total	19	109,40188		

ANEXO F

TABELA 1F - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS REFERENTES AO NÚMERO MÉDIO DE RAÍZES NOVAS DE MUDAS DE *Pinus taeda* DE SEIS MESES COM RAÍZES LATERAIS PODADAS, 90 DIAS APÓS TRANSPLANTIO EM TUBOS

Fonte de Variação	G. L.	S. Q.	Q.M.	F
Tratamento	4	7.747,3910	1.936,8478	35,543**
Resíduo	69	3.760,0685	54,4937	
Total	73	1.1507,459		

ANEXO G

TABELA 1G - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS REFERENTES AO NÚMERO DE EXTREMIDADES REGENERADAS DE RAÍZES DE MUDAS DE *Pinus taeda* DE SEIS MESES COM RAÍZES LATERAIS PODADAS NA PORÇÃO SUPERIOR (PS), 90 DIAS APÓS TRANSPLANTIO EM TUBOS

Fonte de Variação	G. L.	S. Q.	Q.M.	F
Tratamento	4	10,807541	2,7018853	25,427**
Resíduo	15	1,593912	0,1062608	
Total	19	12,401454		

ANEXO H

TABELA 1H - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS REFERENTES AO NÚMERO DE EXTREMIDADES REGENERADAS DE RAÍZES DE MUDAS DE *Pinus taeda* DE SEIS MESES COM RAÍZES LATERAIS PODADAS NA PORÇÃO INFERIOR (PI), 90 DIAS APÓS TRANSPLANTIO EM TUBOS

Fonte de Variação	G. L.	S. Q.	Q.M.	F
Tratamento	4	19,269636	4,8174091	7,005**
Resíduo	15	10,316357	0,6877571	
Total	19	29,585993		

ANEXO I

TABELA 1I - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS REFERENTES A ALTURA DA PARTE AÉREA (cm), 24 MESES APÓS O PLANTIO DE MUDAS DE *Pinus taeda*

Fonte de Variação	G. L.	S. Q.	Q.M.	F
Bloco	5	1.967,2000	393,4400	
Tratamento	4	8.316,2000	2.079,0500	7,449**
Resíduo	20	5.581,8000	279,09000	
Total	29	1.5865,200		

TABELA 2I - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS REFERENTES AO DIÂMETRO DE COLO (mm), 24 MESES APÓS O PLANTIO DE MUDAS DE *Pinus taeda*

Fonte de Variação	G. L.	S. Q.	Q.M.	F
Bloco	5	127,91379	25,58276	
Tratamento	4	903,04131	225,76033	15,111**
Resíduo	20	298,80825	4,940412	
Total	29	1.329,7633		

ANEXO J

TABELA 1J - EQUAÇÕES DE REGRESSÃO, ESTIMADAS PARA A ALTURA DA PARTE AÉREA EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE 24 MESES

Tratamento	Equações de Regressão	r^2
Bloco 10	$\hat{y} = 23,89441 + \exp(3,918676 + (0,074557) \times \text{IDADE})$	97,99
Bloco 7	$\hat{y} = -27,28147 + \exp(3,789068 + (0,076901) \times \text{IDADE})$	99,19
Raiz nua	$\hat{y} = -5,58532 + \exp(3,679856 + (0,078374) \times \text{IDADE})$	98,00
Tubete D48	$\hat{y} = -38,04656 + \exp(3,797648 + (0,075955) \times \text{IDADE})$	98,45
Tubete D96	$\hat{y} = -42,85332 + \exp(3,936694 + (0,069245) \times \text{IDADE})$	98,96

TABELA 2J - EQUAÇÕES DE REGRESSÃO ESTIMADAS PARA O DIÂMETRO AO NÍVEL DO SOLO EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE 24 MESES

Tratamento	Equações de Regressão	r^2
Bloco 10	$\hat{y} = -17,25001 + \exp(2,95642 + (0,058636) \times \text{IDADE})$	98,42
Bloco 7	$\hat{y} = -11,35415 + \exp(2,539421 + (0,067742) \times \text{IDADE})$	99,02
Raiz nua	$\hat{y} = -5,150906 + \exp(2,022668 + (0,084721) \times \text{IDADE})$	96,05
Tubete D48	$\hat{y} = -6,174956 + \exp(2,024309 + (0,080895) \times \text{IDADE})$	95,36
Tubete D96	$\hat{y} = -13,33052 + \exp(2,640337 + (0,059849) \times \text{IDADE})$	95,76

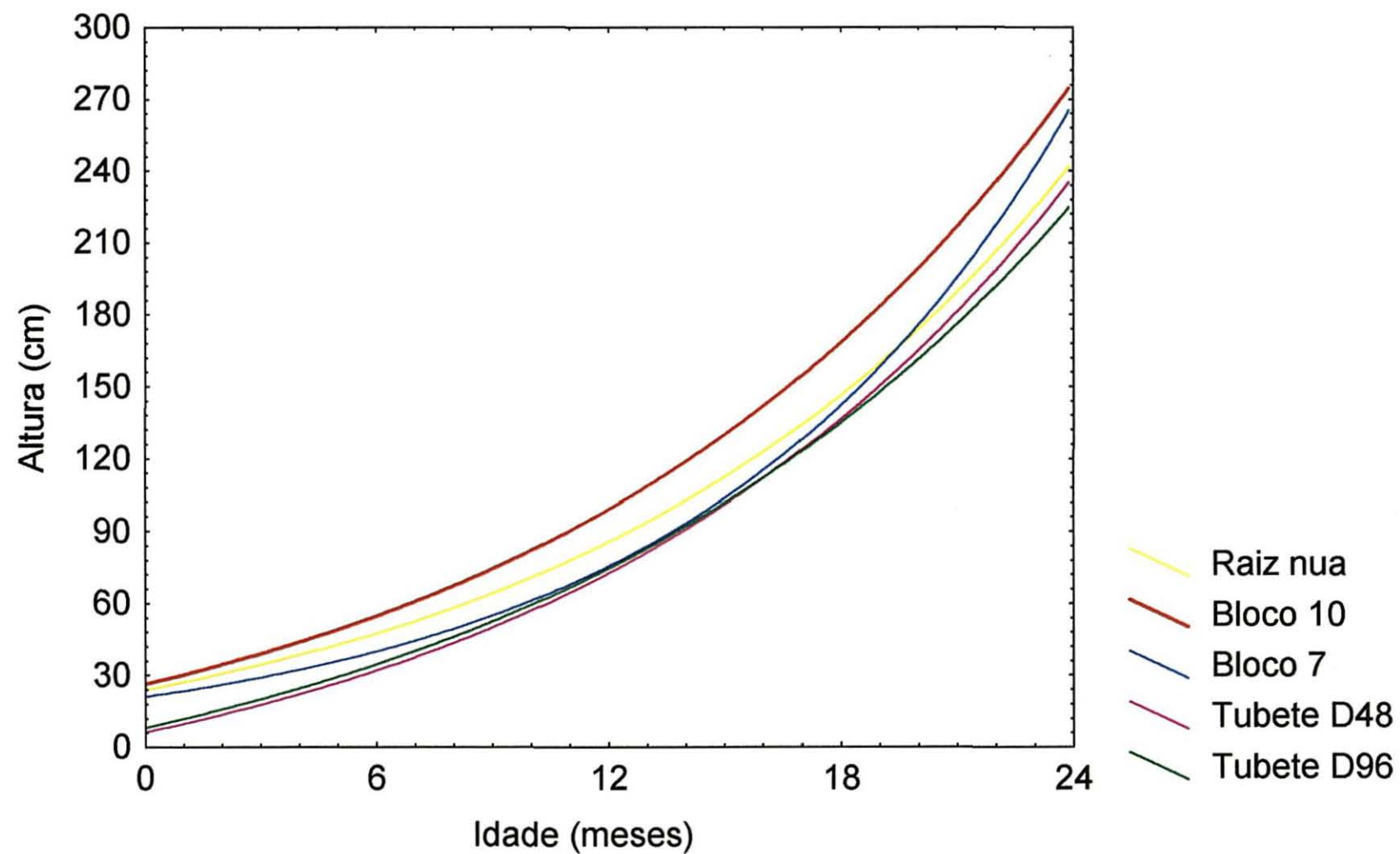


FIGURA 1J - DESENVOLVIMENTO EM ALTURA DE MUDAS DE *Pinus taeda*, NO PERÍODO DE 24 MESES

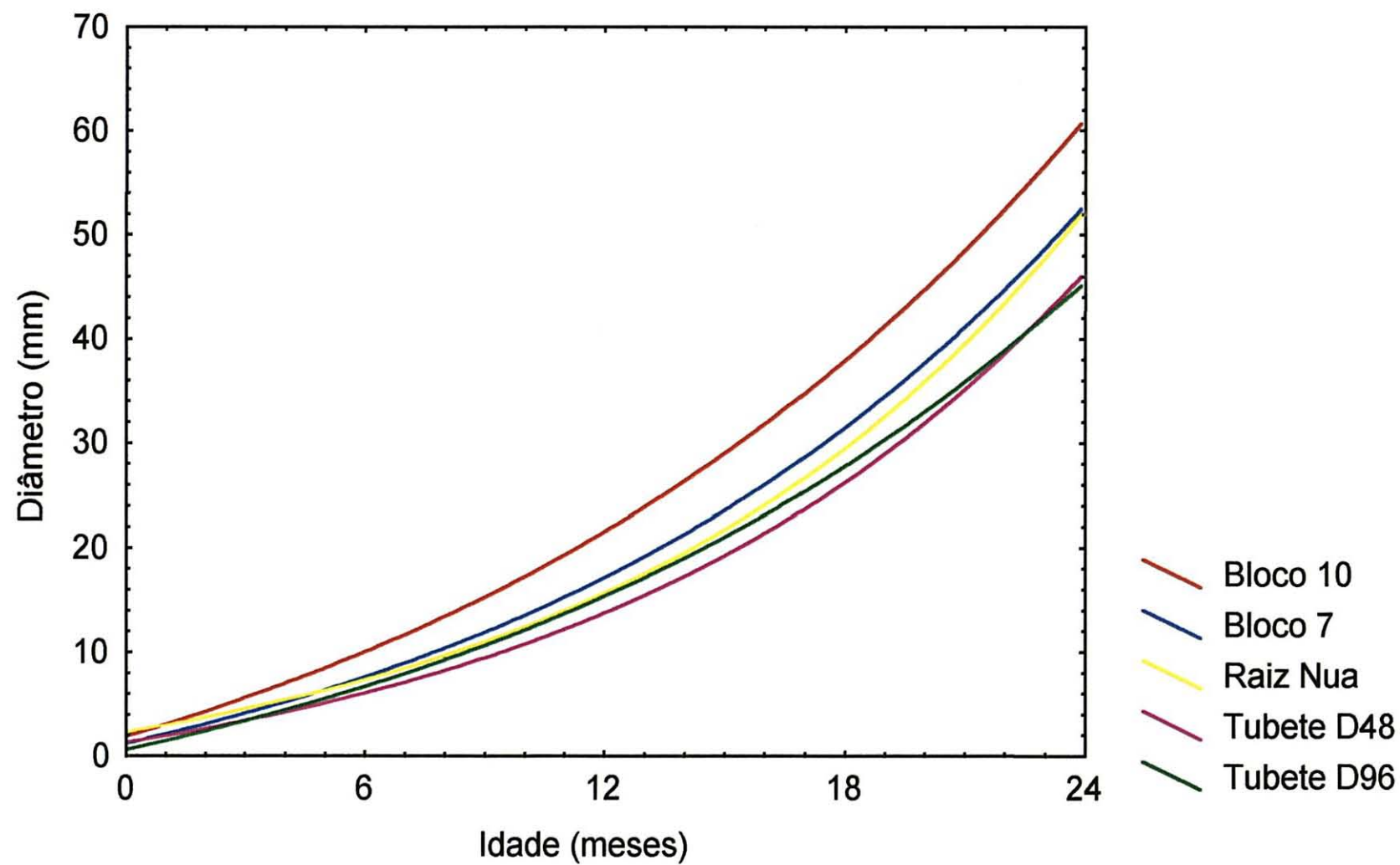


FIGURA 2J - DESENVOLVIMENTO EM DIÂMETRO AO NÍVEL DO SOLO DE MUDAS DE *Pinus taeda*, NO PERÍODO DE 24 MESES

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABBOTT, J. E. Operational planting of container grown slash pine seedling on problem sites. In: SOUTHERN CONTAINERIZED FOREST TREE SEEDLINGS CONFERENCE. (1981: Savannah). **Proceedings of the...** New Orleans, 1982, p.115-116. (Gen. Tech. Rep. SO. USDA. For. Serv., n.37)
2. ABOD, S. A.; SHEPHERD, K. R.; BACHELARD, E. P. Effects of light intensity, air and soil temperatures on root regenerating potential of *Pinus caribae* var. *hondurensis* and *Pinus kesiya* seedlings. **Aust. For. Res.**, Camberra, v.9, p.173-184, 1979.
3. ALM, A. A.; SCHANTZ-HANSEN, R. Tubeling research plantings Minnesota. In: NORTH AMERICAN CONTAINERIZED FOREST TREE SEEDLING SYMPOSIUM (1974: Denver; Colorado). **Proceedings of the...** (Washington, D. C.: U. S.). Government Printing Office, 1974. p.384-387. (Great Plains Agric. Council Publication, 68).
4. AMIDON, *et al.* A field test of containerized seedlings under drought conditions In: SOUTHERN CONTAINERIZED FOREST TREE SEEDLINGS CONFERENCE. (1981: Savannah). **Proceedings of the...** New Orleans, 1982, p. 139-144,). Gen. Tech. Rep. SO. USDA. For. Serv., n.37
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE MADEIRA - ABPM. **Encontro de debates sobre manejo de florestas de pinus**. Ponta Grossa, p. 1-79. 1985.
6. AUTRY, L. L. **The residual effects of nursery fertilization and seed density levels on the growth of 12, 14, and 15 year old loblolly pine stands**. Starkville, 1972, 59 p. (MS em Silvicultura) - Mississippi State University.
7. BACON, G. J. Seedling morphology as an indicator of planting stock quality in conifers. In: IUFRO WORKSHOP ON TECHNIQUES FOR EVALUATING PLANTING STOCK QUALITY. (1979: New Zealand). **Proceedings...** New Zealand, 1979.
8. BACON, G. J.; HAWKINS, P.J.; JERMYN, D. Morphological grading studies with 1-0 slash pine seedlings. **Aus. For.**, Queensland, v. 40, p. 293-303, 1977.
9. BARDEN, J. C.; FERET, P. P.; KREH, R. E. Root growth potential and outplanting performance of loblolly pine seedlings raised at 2 nurseries. In: BIENAL SILVICULTURAL RESEARCH CONFERENCE (4.: 1986, Atlanta Ga.). **Proceedings of the...** Local: Editora, 1986. p.237-244. (Gen. Tech. Rep. SE. USDA. For. Serv. n.24)

10. BARNETT, J. P. Density and age affect performance of containerized loblolly pine seedlings. **Res. Note. SO.**, USDA. For. Serv., New Orleans, n. 256, p.1-6, 1980.
11. BARNETT J. P. Relating seedling morphology of container- grown southern pines to field success. Separata de: CONVENTION OF THE SOCIETY OF AMERICAN FORESTERS (1983: Portland). **Proceeding of the...** New Orleans: USDA. For. Serv. Southern Forest Experiments Station, 1983. p. 405-407.
12. BARNETT, J. P. Top pruning and needle clipping of container-grown southern pine seedlings. Separata de: SOUTHERN NURSERY CONFERENCES. (1984: Alexandria). **Proceedings of the...** New Orleans: **USDA. For. Serv.**, 1984. p. 39-45.
13. BARNETT, J. P.; CAMPBELL, T. E.; DROUGHERTY, P. M. Seedling establishment: Artificial methods. Separata de: SYMPOSIUM ON THE LOBLOLLY PINE ECOSYSTEM (WEST REGION) (1984: Jackson, MS). **Proceedings of the...** New Orleans: USDA For, Serv. Southern Forest Experiment Station, 1984. p.109-125.
14. BARROS, N. F. *et al.* Efeitos de recipientes na sobrevivência e no crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* S. Hill ex Maiden, no viveiro e no campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.2, n.2 p. 141-151. 1978.
15. BLACKMON, B.G.; GAMMAGE, J. I. Size of cottonwood nursery stock related to seedbed density and row spacing. **Tree Planters' Notes**. Washington, D. C., v.22, n.4, 16-17, 1971.
16. BLAKE, J. I.; SOUTH, D. B. **Planting morphologically improved seedlings with shovels**. Alabama: Auburn University, 1991. 7p. (School of Forestry Series; n. 3).
17. BÖHM, W. **Methods of studying root systems**. Berlin: Springer- Verlag, 1979. 188 p.
18. BORGES, R. C. G. *et al.* Correlações entre caracteres de crescimento em *Eucalyptus grandis* S. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v.4, n.2, p. 146-156, 1980.
19. BOYER, J. N.; SOUTH, D. B. Excessive seedling height, high shoot-top-root ratio and benommy root dip reduce survival of stored loblolly pine seedling. **Tree Planters' Notes**, Washington, D. C., v.38, n.4, p.19-22, 1987.
20. BRISSETTE, J. C. Development and function of the root systems of southern pine nursery stock. Separata de: SOUTHERN FOREST NURSERY ASSOCIATION (1990: Biloxi, MS: Jackson, MS). **Proceedings of the...** New Orleans: USDA. Forest Service. Southern Forest Experiment Station, 1991. p. 67-81.
21. BRISSETTE, J. C.; BALLANGER, L. Using root growth potential for comapring the quality of loblolly pine seedlings from two nurseries in Arkansas. Separata de: NOTHEAST AREA NURSERY SUPERVISORS CONFERENCE (1985: Sheraton In.). **Proceedings of the...** New Orleans: USDA. For. Serv., 1985. n. p.

22. BRISSETTE, J. C.; BARNETT, J. P.; GRAMLING, C. L. Root growth potential of southern pine seedlings grown at the W. Ashe nursery. Separata de: SOUTHERN FOREST NURSERY ASSOCIATION (1988.: Charleston, SC). **Proceedings of the...** New Orleans: USDA. Forest Service. Southern Forest Experiment Station, 1988. p. 173-183,
23. BRISSETTE, J. C.; CARLSON, W. C. Effects of nursery density on shortleaf pine. **Gen. Tech. Rep. RM.** USDA, For. Serv., Fort Collins, CO, n.151, p.36-41, 1986.
24. BRISSETTE, J. C.; CARLSON, W. C. Effects of nursery bed density and fertilization on the morphology, nutrient status, and root growth potential of shortleaf pine seedlings. In: BIENAL SILVICULTURAL RESEARCH CONFERENCE (4.: 1986, Atlanta Ga.). **Proceedings of the...** Asheville, N. C.: U.S.D.A. Forest Serv., 1987. p. 198-205 (Gen. Tech. Rep. SE. USDA. For Serv., n. 24)
25. BRISSETTE, J. C.; ROBERTS, T. C. Seedling size and lifting date effects on root growth potential of loblolly pine from two Arkansas Nuseries. **Tree Planters' Notes**, Washington, D. C., v. 38, n.4, p. 34-38, 1984.
26. BRITT, J. R. *et al.* The influence of herbaceous weed control and seedling diameter on six year of loblolly pine growth - A classical analysis approach. **For. Sci.** Bethesda, v.37, n.2, p. 655-668, 1991.
27. BURNS, R. M.; BRENDENMUEHL, R. H. Nursery bed density affects slash pine seedling grade and grade indicates field performance. **Res. Paper SE.** USDA For. Serv., Asheville, n.77, p. 1-7, 1971.
28. CAMPINHOS JUNIOR, E.; IKEMORI, Y. K. Nova técnica para produção de mudas de essências florestais. **IPEF.**, Piracicaba, n.23, v.47, p. 47-52, 1983.
29. CARNEIRO, J. G. de A. **Determinação do padrão de qualidade de mudas de *Pinus taeda*, L. para plantio definitivo.** Curitiba, 1976. 70 f. Dissertação (Mestrado em Silvicultura). Curso de Engenharia Florestal. Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
30. CARNEIRO, J. G. de A. Variações na metodologia de produção de mudas florestais afetam os parâmetros morfofisiológicos que indicam sua qualidade. **Série Técnica. FUFEP.**, Curitiba, v.12, p.1-40, 1983.
31. CARNEIRO, J. G. de A. **Efeito da densidade sobre o desenvolvimento de alguns parâmetros morfofisiológicos de mudas de *Pinus taeda* L. em viveiro e após o plantio.** Curitiba, 1985. 106 f. (Concurso para professor Titular). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

32. CARNEIRO, J. G. de A. **Influência de recipientes e de estações de semeadura sobre o comportamento do sistema radicular e dos parâmetros, morfológicos de mudas de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii***. Curitiba: 1987. 81f. Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Silvicultura e Manejo, UFPR.
33. CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/ FUPEF, Campos: UENF, 1995. 451p.
34. CARNEIRO, J. G. de A.; BRITO, M. A. R. Nova metodologia para produção mecanizada de mudas de *Pinus taeda* L. em recipientes com raízes laterais podadas. **Floresta**, Curitiba, v. 22, n.1/2, p.63-77, 1992.
35. CARNEIRO, J. G. de A. ; PARVIAINEN, J. V. Comparison of production methods for containerized pine (*Pinus elliottii*) seedlings in Southern Brazil. **Metsantutkimuslaitoksen Tiedonantoja**, Joensuu, Finlândia, n.302, p. 6-24, 1988.
36. CARNEIRO, J. G. de A.; RAMOS, A. Influência da altura aérea, diâmetro de colo e idade de mudas de *Pinus taeda* sobre a sobrevivência e desenvolvimento após 15 meses e aos seis anos após o plantio. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS (1.:1981: Curitiba). **Seminário de Sementes e Viveiros Florestais**. Curitiba: FUPEF., p. 91-110, 1981.
37. CARVALHO, C. M. de. Produção de mudas de espécies florestais de rápido crescimento. In: NOVAES, A. B. *et al.* **Reflorestamento no Brasil**. Vitória da Conquista-BA, UESB, 1992. p. 93-103.
38. CORRÊA, J. J. L.; FANTINI JUNIOR, M. Efeito de fertilizantes foliares no crescimento de mudas de eucaliptos (*E. grandis* e *E. dunnii*). In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO (1.:1993: Curitiba). **Anais**. São Paulo: Soc. Bras. Silv., 1993. p.732.
39. CHRISTTIE, S. I.; TALLON, N. B. Influence of nursery and planting practice on the incidence of resin-infiltrated heart shake in *Pinus elliottii* plantations in the estern transvaal. **S. Af. For. J.**, Pretoria, n.157, p.7-10, 1991.
40. DEANS, C. L. *et al.* Root system fibrosity of sitka spruce transplants: Relationship with root growth potential. **Forestry**, Penicuik, v.63, n.1, p.1-7, 1990.
41. DONALD, D. G. M. The effects of season on the root growth capacity of one-year-old *Pinus radiata* seedlings. Separata de: **S. Af. For. J.**, Pretoria, n. 147, p.6, 1988.
42. EDGREN, J. W. Seedbed density, diameter limit culling, and 2+0 Douglas-fir council seedling production. Separada de: WESTERN FOREST NURSERY COUNCIL & INTERMOUNTAIN NURSERYMEN'S ASSOCIATION, 1976. **Proceedings of the...** 1977. 13p.

43. ELAM, W. W.; HODGES, J. D.; MOORHEAD, D. J. Production of containerized southern red oaks and their performance after outplanting. In: SOUTHERN CONTAINERIZED FOREST TREE SEEDLINGS CONFERENCE. (1981: Savannah). **Proceedings of the...** New Orleans, 1982, p. 115-116, (Gen. Tech. Rep. SO. USDA. For. Serv.. n.37)
44. FAGUNDES, N. B.; FIALHO, A. A. Produção de mudas de *Eucalyptus* via sementes no sistema tubete na COPENER. **Série Técnica. IPEF**. Piracicaba, v.4, n.13, p. 25-29, 1987.
45. FERREIRA, M.; SANTOS, P. E. T. Melhoramento genético florestal dos *Eucalyptus* no Brasil - Breve histórico e perspectivas. In: IUFRO - CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS (1997: Salvador). **Proceedings of the...** Salvador, IUFRO, 1997. P.14-34.
46. FERET, P. P.; KREH, R. E. Seedling root growth potential as and indicator of loblolly pine field performance. **For. Sci. Local** v.31, n.4, p. 1005-1011, 1985.
47. FERET, P. P.; FREYMAN, R. C.; KREH, R. E. Variation in root growth potential of loblolly pine from seven nurseries. In: IUFRO - SYMPOSIUM ON NURSERY MANAGEMENT PRACTICES FOR THE SOUTHERN PINES (1985: Birmingham). **Proceedings of the...** Birmingham, Al.: IUFRO, 1985. p.317-328.
48. FERREIRA, M. G. O sistema radicular na avaliação da qualidade de muda. **Informativo SIF**, Viçosa, n.3, p.1-2, 1985.
49. FIALHO, A. A. *et al.* Minimização do custo de enchimento dos sacos plásticos para a produção de mudas. **Boletim Técnico. SIF**, Viçosa, n.5, p.9-13, 1980.
50. FREITAS, A. J. P.; KLEIN, J. E. M. Aspectos técnicos e econômicos da mortalidade de mudas no campo. In: CONGRESO FLORESTAL PANAMERICANO (1.:1993: Curitiba); CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (7.: 1993: Curitiba). **Anais**. São Paulo: Soc. Bras. Silv., 1993. p.736.
51. GOMES, J. M. *et al.* Efeitos de recipientes e substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v.1, n.2, p.167-172, 1977.
52. GOMES, J. M. *et al.* Influência do tamanho da embalagem plástica na produção de mudas de ipê (*Tabebuia serratifolia*), da copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e de angico vermelho (*Piptadenia peregrina*). **Revista Árvore**, Viçosa, v.14, n.1, p.26-34, 1990.
53. GONÇALVES, J. L. M. de. Uso de resíduo industrial como substrato para produção de mudas em tubetes na Ripasa Florestal S.A. **Série Técnica. IPEF**, Piracicaba, v.4, n.13, p.18-23, 1987.

54. GONZALEZ ROQUE, A. *et al.* Estudio sobre el comportamiento en vivero de *Pinus caribaea* var. *caribaea* cultivado en envases de polietileno de 12 dimensiones diferentes. **Revista Forestal Baracoa**, Havana, v.18, n.1, p.39-51, 1988.
55. GULDIM, R. W. Nursery costs and benefits of container-grown southern pine seedlings. **Southern Journal of Applied Forestry**, Bethesda, M. D., v.6, n.2, p.93-99, 1982.
56. GÜRTH, P. Forstpflanzen und kulturentwurf-eine literaturübersicht (Ergänzung 1970-1975). **Allg. Forst-u. Jagdztg.**, Frankfurt, v.140, p.240-246, 1976
57. HAASE, D. L.; BATDORFF, J. H.; ROSE, R. Effect of root form on 10-year survival na growth of planted douglas-fir trees. **Tree Plantres' Notes**, Local n.2, v. 44, p. 53-57, 1993.
58. HAHN, P. F. A historical overview of the use of containerized seedlings for operational reforestation - How did we get where we are today? In: SOUTHERN CONTAINERIZED FOREST TREE SEEDLINGS CONFERENCE (1981.: Savannah), **Proceedings of the...** New Orleans, 1982, p.7-12. (Gen. Tech. Rep. SO. USDA For. Serv., n.37).
59. HARRIS, H. G. Bare root versus containerized seedlings: a comparison of production problems and methods. In: SOUTHERN CONTAINERIZED FOREST TREE SEEDLINGS CONFERENCE (1981.: Savannah). **Proceedings of the...** New Orleans, 1982, p. 77-80, (Gen. Tech. Rep. SO. USDA.For. Serv. n..37)
60. HARRINGTON, C.; BRISSETTE, J. C.; CARLSON, W. C. Root system structure in planted and seeded loblolly pine and shortleaf pine. Separata de: **For. Sci.**, Bethesda, M. D., v.35, n.2, p. 469-480, 1989.
61. HARSTELLA, P.; PARVIAINEN, J.; TERVO, L. Production of containerized experiences. Separata de: SEMINAR ON MACHINES AND TECHINQUES FOR FOREST PLANT PRODUCTION (1983: Tratanska Lomnica, Czechoslovaquia). Tratanska Lomnica, Czechoslovaquia, 1983. p.1-7.
62. HENRIQUES, E. P. *et al.* Produção de mudas na ACESITA ENERGÉTICA S.A. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.4, n.13, p.13-17, 1987.
63. HULTÉN, H. Containerization in Scandinavia. In: NORTH AMERICAN CONTAINERIZED FOREST TREE SEEDLINGS SYMPOSIUM (1974.: Denver, Col.), **Proceedings of the...** (Washington, D. C.): U.S. Government Printing office, 1974, p.20-28. (Great Plains Agric. Council Publication, 68).
64. JESUS, R. M.; MENANDRO, M. S.; BATISTA, J. L. F. Eficiência da repicagem na produção de mudas de louro (*Cordia trichotoma* Vell) e gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium*, Schott). **IPEF**, Piracicaba, n.37, p.69-72, 1987.

65. JOHNSEN, K. H.; FERET, P. P.; SEILER, J. R. Root growth potential as predictor of first year field performance for non-irrigated and irrigated eastern white pine seedlings. In: **Proceedings of the... BIENAL SILVICULTURAL RESEARCH CONFERENCE** (4.:1986, Atlanta Ga.). Asheville, U.S.D.A. Forest Serv., N. C. 1986. p. 245-250. (Gen. Tech. Rep. SE. U.S.D.A. For. Serv., n.24)
66. KAUFMAN, P. B. *et al.* Laboratory Experiments in Plant Physiology. Macmillan Pub., New York, 1975, 262 p.
67. KENEDY, JR. H. E. Effects of seedbed density and row spacing on growth and nutrient concentrations of nuttall oak and green ash. Seedlings. **Res. Note SO.** USDA For. Serv., New Orleans, n.349, p.1-5, 1988.
68. KIKUTI, P. *et al.* Ensaio de armazenamento de mudas de *Pinus taeda* em câmara fria. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE MÉTODOS DE PRODUÇÃO DE CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS. (1984.:Curitiba). **Métodos de produção e controle de qualidade de sementes e mudas florestais.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná/FUPEF, 1984. p. 331-349.
69. KRAMER, P. J.; ROSE, R. W. Physiological characteristics of loblolly pine seedling in relation to field performance. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NURSERY MANAGEMENT PRACTICES FOR THE SOUTHERN PINES (1985: Montgomery, AL.). **Proceedings of the...** Local: Editora, 1985. p.416-437.
70. LARSEN, H. S.; BOYER, J. M. Root growth potential of loblolly pine (*Pinus taeda*) seedlings from twenty southern nurseries. **Circular.** Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, n.286, p.1-16, 1986.
71. LARSEN, H. S.; SOUTH, D. B.; BOYER, J. M. Root growth potential, seedling morphology and bud dormancy correlate with survival of loblolly pine seedling planted in December in Alabama. **Tree Physiology**, Victoria, Canadá, v.1, p.253-263, 1986.
72. LIMSTROM, G. A. Forest planting practice in the Central States. **Agriculture Handbook**, Washington, D. C., n.247, p. 1-69, 1963.
73. MATTEI, V. L. **Comparação entre semeadura direta e plantio de mudas produzidas em tubetes, na implantação de povoamentos de *Pinus taeda*, L.** Curitiba, 1993. 149f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
74. MESKIMEN, G. "Washed" *Eucalyptus* planting stock-combining containerization with bare-rooting. **Res. Note SE.** USDA. For. Serv., Washington, D. C., n. 190, p. 1-8, 1973.
75. McNABB, K. L. **The relationship of carbohydrate reserves to the quality of bare-root *Pinus elliottii* var. *elliottii* (Engelm.) seedling produced in a northern Florida nursery.** Florida, 1985. 145 p. Tese (Doutorado)-Florida University.

76. McTAGUE, J. P.; TINUS, R. The effects of seedlings quality and forest site weather on field survival of ponderosa pine. **Tree Planters' Notes**, local: n.1, v. 47, p. 16-23, 1996.
77. MELLO, A. C. G. de. **Efeito de recipientes e substratos no comportamento silvicultural de plantas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake**. Piracicaba, 1989, 80f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. ESALQ. Universidade de São Paulo.
78. MEXAL, J.; BURTON, S. Root development of planted loblolly pine seedlings. In: **ROOT FORM OF PLANTED TREES SYMPOSIUM (1978: Victoria). Proceedings of the...** Victoria: British Columbia, 1978. p. 85-90. (Joint Report, n.8).
79. NAPIER, I. Técnicas de viveiro para la producción de coníferas em los tropicos. In: **SIMPÓSIO DE FLORESTAS PLANTADAS NOS TRÓPICOS COMO FONTE DE ENERGIA (1983: Viçosa). Florestas plantadas nos neotrópicos como fonte de energia.** (Viçosa): Universidade Federal de Viçosa, 1985. p. 36-47.
80. NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; NOVAIS, R. F. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. **Relação Solo-Eucalipto**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1990. p. 99-126.
81. OWSTON, P. W.; STEIN, W. I. First year performance (1972), of Douglas-fir and noble fir outplanted in large containers. **Res. Note PNW**. USDA. For. Serv., Berkeley, n.174, p. 1-10, 1972.
82. PALMER, L.; HOLEN, I. The aquarium tester - A fast, inexpensive device for evaluating seedling quality. **Tree Planters' Notes**, Washington, D. C., v.37 n.3, p.13-16, 1986.
83. PARVIAINEN, J. V. Initial development of root systems of various types of nursery stock for scots pine. **Folia Forestalia**. Helsinki, v.268, p.2-21, 1976.
84. PARVIAINEN, J. V. Qualidade e avaliação da qualidade de mudas florestais. In: **SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS. (1:1981: Curitiba). Seminário de Sementes e Viveiros Florestais**. Curitiba: FUPEF., 1981. p. 59-90
85. PARVIAINEN, J. V. Containerized forest tree seedling production in Finland and the other nordic countries, In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS (1984.: Curitiba). Métodos de Produção e Controle de Qualidade de Sementes e mudas Florestais**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná/FUPEF, 1984. p.403-417.

86. PARVIAINEN, J. V. Future trends for containerized tree seedlings production: a literature review. **Silva Fennica**, Helsinki, v.24, n.1, p.93-103, 1990.
87. PARVIAINEN, J. V.; ANTOLA, J. The root system morphology and stand development of different types of pine nursery stock. **Folia Forestalia**, Helsinki, v.671, p.1-29, 1986.
88. PARVIAINEN, J. V.; CARNEIRO, J. G. de A.; KOLSTRON, T. Different forest tree seedling production methods and their effects on stem quality of the tree stands according to the point of harvesting. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL (7.:1992: Curitiba). **Anais**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1992. p.20-33.
89. PARVIAINEN, J. V.; TERVO, L. A new approach for production of containerized coniferous seedlings using peat sheets coupled with root pruning. **Forestry Supplement**, Oxford, v.62, p.87-94, 1989.
90. REIS, G. G.; HALL, A. E. Resistência à desidratação de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. com restrição ao sistema radicular. **Revista Árvore**, Viçosa, v.10, n.2, p.168-180, 1986.
91. REIS, G. G. *et al.* Crescimento de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. cloeziana* sob diferentes níveis de restrição radicular. **Revista Árvore**, Viçosa, v.13, n.1, p.1-18, 1989.
92. RICHTER, J. Das umsetzen von douglasien in kulturstadium. **Allg. Forst.-u. Jagdztg.**, Frankfurt, v.142, p.63-69, 1971
93. RITCHIE, G. A.; DUNLAP, J. R. Root growth potential: its development and expression on forest tree seedling. **N. Z. J. For. Sci.** Rotorua, v.10, n.1, p.218-248, 1980.
94. ROSSIELO, R. O. P. Comparação dos métodos fotoelétricos da interseção na determinação de área, comprimento e raio radicular. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.30, n.5, p. 633-638, 1995.
95. SCHMIDT-VOGT, H. Morpho-physiological quality of forest tree seedlings: the present international status of research. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS (1984.:Curitiba). **Métodos de produção e controle de qualidade de sementes e mudas florestais**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná/FUPEF, 1984. p.366-378.
96. SCHMIDT-VOGT, H. **Wachstum und qualitaet von forstpflanzen**. 2. ed. Munique: Bayerischer Landwirtschaftsverlag. 1966. 210 p.

97. SCHMIDT-VOGT, H.; GÜRTH, P. Eigenschaften von forstpflanzen und kulturerfolg - I. Mitteilung: Auspflanzungsversuche mit fichten-und kieferpflanzen verschiedener grössen und durchmesser. **Allg Forst-u. Jagdztg.**, Frankfurt, v. 140, n.6 p.132-142, 1969.
98. SCHMIDT-VOGT, H.; GÜRTH, P. Eigenschaften von forstpflanzen und kulturerfolg - II. Mitteilung: Auspflanzungsversuche mit fichten-und kieferpflanzen verschiedener grössen und durchmesser. **Allg Forst-u. Jagdztg.**, Frankfurt, v.148, p.145-157, 1977.
99. SCHUBERT, G. H.; ADAMS, R. S. **Reforestation practices for conifers in California**. Sacramento: Resources Agency, Dept. of Conservation, Division of Forestry. 1971.
100. SILANDER, V. Zanzibar forest tree nurseries. Report and guidelines. **Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja**, Helsinki, n. 127, p. 1-51, 1984.
101. SIMÕES, J. W. Problemática da produção de mudas em essências florestais. Série técnica. **IPEF**, Piracicaba. v.4, n.14, p.1-29, 1987.
102. SJOBERG, N. E. The styroblock container system. In: NORTH AMERICAN CONTAINERIZED FOREST TREE SEEDLING SYMPOSIUM (1974: Denver, Col.). **Proceedings of the...** Washington, D. C. U. S. Government Printing Office, 1974. p.217-228. (Great Plains Agric. Council Publication, 68).
103. SOUTH, D. B. Rationale for growing southern pine seedlings at low seedbed densities. **New Forest**, Dordrecht, v.7, p.63-92, 1993.
104. SOUTH, D. B.; BOYER, J. N.; BOSCH, L. S. Survival and growth of loblolly pine as influenced by seedling grade: 13 year results. **Southern Journal of Applied Forestry**, Bethesda, M. D., v.9, n.2, p.76-81, 1985.
105. SOUTH, D. B. ZWOLINSKI, J. B. DONALD, D. G. M. Interations among seedling diameter grade, weed control and soil cultivation for *Pinus radiata* in South Africa. **Can. J. Res.**, Ottawa, v.23, p.2078-2082, 1993.
106. SOUTH, D. B. *et al.* Seed spacing and seedling biomass: Effect on root growth potential of loblolly pine (*Pinus taeda*). **New Forests**, Dordrecht, v.4, p.179-192, 1990.
107. SOUTH, D. B. *et al.* Use of seedling size as a covariate for root growth potential studies. In: SOUTHERN SILVICULTURAL RESERACH CONFERENCE. (5.:1988:Memphis). **Proceedings**. New Orleans, 1988, p. 89-93. (Gen. Tech. Rep. SO. USDA. For. Serv., n.74)
108. STONE, E. C. The root regenerating capacity of seedling transplants and the availability of soil moisture. **Ann. Arid Zone**, Rajasthan, India, v.6, p.42-47, 1967.

109. STONE, E. C.; JENKINSON, J. L.; KRUEMAH, S. L. Root regenerating potential of Douglas-fir seedling lifted at different times of the year. **For. Sci.**, Bethesda, M. D., v.5, p. 228-297, 1962.
110. STEIN, G.; OWSTON, P. W. Why use container-grown seedlings? In: WESTERN REFORESTATION COORDINATING COMMITTEE (1975: Portland). **Proceedings of the...** local: Editora, 1975. p. 119-122.
111. SUTTON, R. F. Form and development of conifer root systems. **Technical Communication**. Commonwealth Agricultural Bureaux. Oxford, n.7, p.1-131, 1969.
112. SUTTON, R. F. Planting stock quality and grading. **Forest Ecology and management**. Amsterdam, v.2, p.123-132, 1979.
113. SUTTON, R. F. Techniques for evaluating planting stock quality. **For. Chron.**, Ontário, v. 56, p.116-120, 1980.
114. SUTTON, R. F.; TINUS, R. W. **Root and root system terminology**. Washington, D. C.: Society of American Foresters, 1983. 137 p. (For. Sci. Monograph; 24).
115. TENNANT, D. A test of a modified line intersect method of estimating root length. **J. Ecol.**, Oxford, v.63, p.995-1001, 1975.
116. TINUS, R. W.; McDONALD, S. E. How to grow tree seedlings in containers in greenhouses. **Gen. Tech. Rep. RM. USDA. For. Serv.**, Fort Collins, Colorado, n. 60, p. 1-256, 1979.
117. TSCHAPLINSKI, T. J.; BLAKE, T. J. Effects of root restriction on growth correlations, water relations and senescence of alder seedlings. **Physiol. Plant.**, Copenhagen, v.64, p.167-176, 1985.
118. WAKELEY, P. C. Planting the southern pines. Agriculture Monography, Washington, C., n.18, p.1-233, 1954.
119. WALTERS, G. A.; GOO, D. Field performance of container-grown *Eucalyptus saligna* seedling not affected by packing/storage treatment. **Tree Planters' Notes**, Washington, D. C., v.29, n.1, p. 30-31, 1978.
120. WILSON, B. C.; CAMPBELL, R. K. Seedbed density influences height, diameter and dry weight of 3/0 Douglas-fir. **Tree Planters' Notes**, Washington, D. C., v.23, n.2, p.1-4, 1972.